

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Hrvoje Rakić**

Zagreb, 2013.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentor:

Prof. dr. sc. Ivan Juraga, dipl. ing.

Student:

Hrvoje Rakić

Zagreb, 2013.

Izjavljujem da sam diplomski rad na temu "Tehnološka svojstva temeljnih radioničkih premaza" izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu uz potrebne konzultacije s mentorom te uz uporabu navedene literature i uređaja za ispitivanje.

Hrvoje Rakić

Zahvaljujem svojoj dragoj budućoj supruzi Izabell, svojoj obitelji - majci Tereziji, ocu Darku i sestri Sandri te rodbini i prijateljima na pruženoj podršci, razumijevanju i izuzetnom strpljenju tijekom mog studiranja na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu.

Zahvaljujem svom mentoru, prof. dr. sc. Ivanu Juragi, dr. sc. Ivanu Stojanoviću, Maji Remenar, mag. ing., prof. dr. sc. Vesni Alar, dr. sc. Vinku Šimunoviću i Dubravki Ulagi na stručnim savjetima i vođenju kroz izradu ovog diplomskog rada.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Hrvoje Rakić**

Mat. br.: 1191092262

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Tehnološka svojstva temeljnih radioničkih premaza**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Technological properties of shopprimers**

Opis zadatka:

Tehnologija zaštite od korozije je uz zavarivanje jedna od osnovnih tehnologija koje se koriste u gradnji metalnih konstrukcija. Prva faza u zaštiti od korozije je nanošenje temeljnog radioničkog premaza tzv. shopprimera kojime se privremeno štiti sav metalni materijal koji ulazi u proces izrade neke konstrukcije.

U radu je potrebno sažeto prikazati sve tehnologije zaštite od korozije čeličnih konstrukcija. Posebno se osvrnuti na zaštitu od korozije premazima. Detaljno obraditi vrste, svojstva i specifičnosti primjene privremene radioničke zaštite.

U eksperimentalnom dijelu rada je potrebno usporedno ispitati fizikalna-kemijska svojstva otapalnog i vodorazrjedivog shopprimera te utvrditi njihov utjecaj na kvalitetu navara. Navarivanje je potrebno provesti pri dvije različite brzine, postupkom praškom punjenom žicom, a koji se danas najviše primjenjuje za zavarivanje metalnih konstrukcija. Provesti radiografska ispitivanja i korozijska ispitivanja. Kritički se osvrnuti na dobivene rezultate ispitanih shopprimera kad je u pitanju utjecaj na kvalitetu zavarenih spojeva i trajnost zaštite od korozije.

Zadatak zadan:

2. svibnja 2013.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Ivan Juraga

Rok predaje rada:

4. srpnja 2013.

Predviđeni datum obrane:

10., 11. i 12. srpnja 2013.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Franjo Cajner



## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS OZNAKA .....	VI
SAŽETAK.....	VII
SUMMARY .....	VIII
1. UVOD.....	1
2. KOROZIJA.....	2
2.1. Klasifikacija korozije .....	2
2.2. Uzroci nastajanja korozije.....	3
3. METODE ZAŠTITE OD KOROZIJE .....	4
3.1. Načela i načini površinske zaštite .....	4
3.2. Elektrokemijska zaštita .....	4
3.3. Zaštita obradom korozijske sredine .....	6
3.3.1. Uklanjanje aktivatora korozije iz agresivne sredine .....	6
3.3.2. Uvođenje inhibitora korozije u agresivnu sredinu .....	6
3.4. Zaštita prevlačenjem .....	7
3.5. Zaštita oblikovanjem konstrukcija .....	8
4. ZAŠTITA PREMAZIMA.....	10
4.1. Uvod.....	10
4.2. Klasifikacija premaza.....	10
4.3. Komponente premaza .....	11
4.3.1. Veziva .....	11
4.3.2. Otapala .....	16
4.3.3. Pigmenti .....	16
4.3.4. Aditivi .....	16
4.4. Priprema površine .....	17
4.5. Metode nanošenja premaza.....	18
5. TEMELJNI RADIONIČKI PREMAZI.....	19
5.1. Uvod.....	19
5.2. Osnovne zadaće shopprimera.....	19
5.3. Priprema površine .....	21
5.3.1. Hrapavost površine i profil hrapavosti.....	22
5.4. Debljina suhog filma temeljnog radioničkog premaza .....	23
5.5. Najvažnije vrste shopprimera.....	25
5.5.1. Shopprimeri s cinkovim prahom.....	27
5.5.2. Shopprimeri bez cinka .....	30
6. ZAVARIVANJE PRAŠKOM PUNJENOM ŽICOM - FCAW .....	32
6.1. Prednosti FCAW postupka zavarivanja .....	34
6.2. Nedostaci FCAW postupka zavarivanja .....	35

---

7. EKSPERIMENTALNI DIO .....	37
7.1. Mjerenje debljine premaza.....	41
7.2. Navarivanje uzoraka .....	42
7.3. Radiografsko snimanje nakon navarivanja .....	51
7.4. Ispitivanje u slanoj komori.....	64
7.5. Ispitivanje prionjivosti zarezivanjem mrežice – cross-cut test .....	68
7.6. Priprema makroizbrusaka i promatranje pod mikroskopom.....	71
7.7. Analiza rezultata ispitivanja.....	76
8. ZAKLJUČAK.....	78
LITERATURA.....	79
PRILOZI.....	81

**POPIS SLIKA**

Slika 1.	Metode zaštite od korozije [5] .....	5
Slika 2.	Primjer zaštitnog oblikovanja konstrukcije [8] .....	9
Slika 3.	Fizikalno sušenje boja na bazi otapala [7] .....	11
Slika 4.	Oksidacijsko sušenje boja na bazi otapala [7] .....	12
Slika 5.	Kemijsko sušenje dvokomponentnih boja na bazi otapala [7] .....	12
Slika 6.	Radionica za privremenu radioničku zaštitu [5] .....	20
Slika 7.	Automatsko nanošenje temeljnog radioničkog premaza [12] .....	23
Slika 8.	Poroznost metala zavara u ovisnosti o debljini shopprimera [14] .....	25
Slika 9.	Shematski prikaz cink epoksi premaza na čeličnoj površini [16] .....	28
Slika 10.	Idealizirani prikaz premaza s cinkovim prahom i silikatnim vezivom [18] .....	29
Slika 11.	Pigment željezno-oksidnih shopprimera [14] .....	29
Slika 12.	Poprečni presjek elektrode – vrste spojeva žice [19] .....	32
Slika 13.	Dijelovi FCAW-S postupka zavarivanja [19] .....	33
Slika 14.	Mjerenje debljine premaza [20] .....	41
Slika 15.	Radiografsko snimanje (rendgen) [20] .....	51
Slika 16.	Ispitivanje u slanoj komori [20] .....	64
Slika 17.	Soli, mjehuranje i hrđanje na uzorcima nakon slane komore [20] .....	66
Slika 18.	Cross-cut test prionjivosti nakon 72 sata u slanoj komori [20], [26] .....	69
Slika 19.	Rezanje uzoraka za makroizbruske [20] .....	71

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Kratki pregled osnovnih tipova premaza [7] .....	15
Tablica 2. Svojstva glavnih vrsta shopprimera [9] .....	26
Tablica 3. Oznake temeljnih radioničkih premaza [11] .....	31
Tablica 4. Uzorci s epoksidnim premazom na bazi vode prije ispitivanja [20] .....	38
Tablica 5. Uzorci s epoksidnim premazom na bazi otapala prije ispitivanja [20] .....	39
Tablica 6. Uzorci s cink silikatnim premazom prije ispitivanja [20] .....	40
Tablica 7. Osnovni rezultati mjerenja debljine premaza [ $\mu\text{m}$ ] .....	41
Tablica 8. Podaci o navarivanju .....	42
Tablica 9. Parametri navarivanja .....	43
Tablica 10. Stanje uzoraka s epoksi premazom na bazi vode nakon navarivanja .....	45
Tablica 11. Stanje uzoraka s epoksi premazom na bazi otapala nakon navarivanja .....	46
Tablica 12. Stanje uzoraka s cink silikatnim premazom nakon navarivanja .....	47
Tablica 13. Stanje uzoraka bez premaza nakon navarivanja .....	48
Tablica 14. Postupak navarivanja [20] .....	49
Tablica 15. Greške nakon navarivanja utvrđene vizualnim pregledom [20] .....	50
Tablica 16. Uvjeti snimanja za uzorke debljine 3 mm .....	52
Tablica 17. Uvjeti snimanja za uzorke debljine 10 mm .....	52
Tablica 18. Uzorci debljine 10 mm s epoksi premazom na bazi vode nakon navarivanja i pripadajući radiogrami [20] .....	53
Tablica 19. Uzorci debljine 10 mm s cink silikatnim premazom nakon navarivanja i pripadajući radiogrami [20] .....	54
Tablica 20. Uzorak debljine 10 mm s epoksi premazom na bazi otapala nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20] .....	55
Tablica 21. Uzorak debljine 10 mm bez premaza nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20] .....	56
Tablica 22. Uzorak debljine 3 mm s epoksi premazom na bazi vode nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20] .....	57
Tablica 23. Uzorak debljine 3 mm s epoksi premazom na bazi vode nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20] .....	58
Tablica 24. Uzorak debljine 3 mm s epoksi premazom na bazi otapala nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20] .....	59
Tablica 25. Uzorak debljine 3 mm s epoksi premazom na bazi otapala nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20] .....	60
Tablica 26. Uzorak debljine 3 mm s cink silikatnim premazom nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20] .....	61
Tablica 27. Uzorak debljine 3 mm s cink silikatnim premazom nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20] .....	62
Tablica 28. Uzorak debljine 3 mm bez premaza nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20] .....	63
Tablica 29. Osnovne karakteristike korozijskog ispitivanja u slanoj komori .....	65
Tablica 30. Uzorci debljine 3 mm nakon 72h u slanoj komori [20] .....	67
Tablica 31. Rezultati nakon 72 sata u slanoj komori [24], [25], [26] .....	68
Tablica 32. Ocjene prionjivosti sukladno normi ISO 2409 [26] .....	68
Tablica 33. Rezultati cross-cut testa [20], [26] .....	70
Tablica 34. Makrostrukturna ispitivanja - uzorci debljine 10 mm [20] .....	72
Tablica 35. Makrostrukturna ispitivanja - uzorci debljine 3 mm [20] .....	73

Tablica 36. Fotografije makrostrukturnih ispitivanja - uzorci debljine 10 mm [20].....	74
Tablica 37. Fotografije makrostrukturnih ispitivanja – uzorci debljine 3 mm [20] .....	75

**POPIS OZNAKA**

<b>Oznaka</b>	<b>Jedinica</b>	<b>Opis</b>
dsf	$\mu\text{m}$	debljina suhog filma premaza
U	V	napon
I	A	jakost struje
$v_z$	cm / min	brzina zavarivanja/navarivanja
$v_{\dot{z}}$	m/min	brzina dobave žice
t	s	trajanje ekspozicije kod radiografije
A	$\text{m}^2$	površina
$D_n S_m$	-	ocjena mjehuranja prema normi HRN EN ISO 4628-2
Ri	-	ocjena hrđanja prema normi HRN EN ISO 4628-3
$G_t$	-	ocjena prionjivosti prema normi HRN EN ISO 2409
ZUT	-	zona utjecaja topline
PPŽ	-	praškom punjena žica

## **SAŽETAK**

Diplomski rad pod nazivom "Tehnološka svojstva temeljnih radioničkih premaza" sastoji se od teorijskog i eksperimentalnog dijela. U teorijskom dijelu sažeto su obrađene tehnologije zaštite od korozije čeličnih konstrukcija s posebnim osvrtom na zaštitu od korozije premazima.

Prva faza u zaštiti od korozije je nanošenje temeljnog radioničkog premaza tzv. shopprimera kojime se privremeno štiti sav metalni materijal koji ulazi u proces izrade neke konstrukcije. Detaljno su obrađene vrste, svojstva i specifičnosti primjene privremene radioničke zaštite (shopprimera).

U eksperimentalnom dijelu rada usporedno su provedena ispitivanja fizikalno-kemijskih svojstava otapalnog epoksi, vodorazrijedivog epoksi i cink-silikatnog shopprimera te utvrđena njihova korozijska otpornost i utjecaj na kvalitetu navara. Navarivanje je provedeno pri dvije različite brzine, automatskim postupkom praškom punjenom žicom, a koji se danas najviše primjenjuje za zavarivanje metalnih konstrukcija. Provedena su radiografska i ubrzana laboratorijska korozijska ispitivanja s ciljem utvrđivanja utjecaja vrste i debljine shopprimera na kvalitetu zavarenih spojeva i trajnost zaštite od korozije.

Ključne riječi:

privremena radionička zaštita, temeljni radionički premaz, korozija, zavarivanje

## **SUMMARY**

Diploma thesis named "Technological properties of shopprimers" consists of theoretical and experimental parts. Theoretical part describes corrosion protection of steel structures with more details about protection coatings.

The first step in corrosion protection is application of shopprimers which temporarily protect all metal material that enters the process of building a structure. Special emphasis is on types, characteristics and specific usage of shopprimers.

In the experimental part of the thesis, side by side tests of physical and chemical properties were carried out on the solvent based epoxy primer, water based epoxy primer and zinc silicate primer to determine their corrosion resistance and impact on the quality of the welds. Surface welding has been carried out with two different speeds, using flux cored arc welding process, which is nowadays primarily used process for welding of metallic structures. Radiographic examination and accelerated laboratory corrosion tests were made to determine the impact of type and thickness of shopprimer on the quality of welds and long lasting corrosion protection.

Key words:

temporary corrosion protection, shopprimer, corrosion, welding



## 1. UVOD

Rudarenjem i metalurškom obradom u procesu dobivanja ljudskom društvu korisnih i iskoristivih metala (koji su za strojarску struku najbitniji materijali), u biti ih se prilagođava potrebama ljudskog društva i time dovodi u neravnotežno stanje. S vremenom se oni postepeno spontano vraćaju u stanje svoje prirodne termodinamičke ravnoteže (u stanje rudače u kojem se nalaze u prirodi) odnosno događa se, s ljudskog stajališta negativan, proces nazvan korozijom. Što ih se više udalji od stanja prirodne ravnoteže to je jača pokretačka sila (kemijska, mehanička, biološka ili neka druga) koja ih vraća u stanje ravnoteže [1]. Namjera ih je što dulje zadržati u korisnom stanju, pa se pokušava spriječiti ili barem usporiti proces korozije povećanjem otpora pokretačkoj sili korozije odnosno smanjivanjem potencijala za vraćanje u stanje ravnoteže, što se postiže tehnologijom zaštite od korozije [2].

Tehnologija zaštite od korozije je uz zavarivanje jedna od osnovnih tehnologija koje se koriste u gradnji metalnih konstrukcija [3]. Od svih načina i metoda zaštite od korozije, zbog svoje široke primjenjivosti i relativne jednostavnosti, najviše se koristi zaštita premazima. Prva faza u zaštiti od korozije je nanošenje temeljnog radioničkog premaza tzv. shopprimera kojim se privremeno štiti sav metalni materijal koji ulazi u proces izrade neke konstrukcije.

## 2. KOROZIJA

Korozija je nenamjerno razaranje konstrukcijskih materijala uzrokovano fizikalnim, fizikalno-kemijskim i biološkim agensima. Ona smanjuje uporabnu vrijednost metala te skraćuje vijek trajanja proizvoda i strojarskih konstrukcija, poskupljuje održavanje i uzrokuje gubitke u proizvodnji, zastoje i nesreće, ugrožava ljudske živote i zdravlje, dovodi do ekoloških katastrofa, itd. Prema općoj definiciji korozije, korodirati mogu svi materijali kao keramika, staklo, drvo, polimeri ili mješavine materijala kao npr. beton. Međutim, kada se govori o koroziji, a ne spominje se određeni materijal, podrazumijeva se upravo korozija metala. U današnje je vrijeme potrebno posvetiti mnogo više pažnje koroziji metala nego ranije uslijed:

- povećane upotrebe metala u svim područjima tehnologije,
- upotrebe metalnih konstrukcija sve tanjih dimenzija koje ne toleriraju korozijske napade istog intenziteta kao teške, nekad upotrebljavane konstrukcije,
- upotrebe metala za specijalnu primjenu ili uporabe rijetkih i skupih metala čija zaštita zahtijeva posebne mjere opreza i
- pojačane korozivnosti okoline uslijed povećanog zagađenja vode, zraka i tla [4].

### 2.1. Klasifikacija korozije

Budući da je područje korozije vrlo široko, postoji više različitih podjela, no osnovna podjela korozije je na koroziju metala i koroziju nemetala.

Sljedeća bitna podjela je prema:

a) mehanizmu procesa:

- kemijska korozija metala zbiva se u neelektrolitima,
- elektrokemijska korozija metala zbiva se u elektrolitima i
- korozija ili degradacija nemetala u fluidima.

b) geometrijskom obliku korozijskog razaranja:

- opća, ravnomjerna ili neravnomjerna korozija zahvaća čitavu izloženu površinu,
- lokalna korozija zahvaća dio izložene površine materijala, a može biti pjegasta (školkasta), jamičasta (pitting),
- interkristalna korozija napreduje uzduž granica zrna u unutrašnjost materijala, a na površini je često nevidljiva i
- selektivna korozija različitom brzinom napada pojedine faze.

c) vremenskom tijeku:

- linearna korozija odvija se konstantnom brzinom,
- usporena korozija odvija se sve sporije,
- ubrzana korozija odvija se sve brže i
- miješana i diskontinuirana korozija odvijaju se brzinama koje se postupno ili naglo mijenjaju u pojedinim razdobljima.

d) korozivnom mediju:

- atmosferska korozija,
- korozija u tlu,
- korozija u suhim plinovima,
- korozija u elektrolitima,
- kontaktna korozija,
- korozija uz naprezanje,
- biokorozija,
- itd. [4].

## 2.2. Uzroci nastajanja korozije

Kako bi nastupio proces oštećivanja konstrukcijskih materijala, u sustavu mora postojati kemijska, mehanička, biološka ili neka druga pokretna sila koja je uzrok korozije pa je brzina razaranja razmjerna upravo pokretnoj sili (npr. razlici potencijala). Njenom djelovanju protive se fizikalni i kemijski otpori, a prema veličini otpora postoje aktivni, pasivni i imuni materijali. Kod aktivnih materijala postoji afinitet prema koroziji tj. otpori nisu veliki dok su pasivni u određenim uvjetima elektrokemijski neaktivni. Imuni materijali kao npr. zlato i platina prirodno su imuni na koroziju. Pokretna sila ovisi o vanjskim faktorima (sastav medija, temperatura, tlak, mehanička opterećenja, brzina gibanja medija, turbulencija, čestice u fluidu, položaj predmeta, itd.) i unutarnjim faktorima (kemijski sastav materijala, struktura materijala, usmjerenost, kristaliničnost, zaostala naprezanja, stanje površine, itd.) oštećivanja koji u manjoj ili većoj mjeri direktno utječu na koroziju. Iz navedenog proizlazi da pokretna sila mora biti što manja, a to se postiže metodama zaštite od korozije [2].

### 3. METODE ZAŠTITE OD KOROZIJE

Kako bi se izbjeglo nepoželjno trošenje metala i reducirala šteta uslijed korozije, nužno je pravovremeno i kvalitetno zaštititi konstrukciju. Istraživanja su pokazala da se približno četvrtina šteta od korozije može spriječiti primjenom suvremenih tehnologija zaštite [1].

#### 3.1. Načela i načini površinske zaštite

Konstrukcijski materijali podložni su koroziji koja se nastoji usporiti ili spriječiti. Ovim tehnologijama se bavi posebna tehnička disciplina, a to je zaštita materijala, tj. površinska zaštita materijala. Za sprečavanje odnosno usporavanje korozije postoje dva osnovna načela:

- smanjenje ili poništenje pokretne sile,
- povećanje otpora pokretnoj sili.

Ova osnovna teorijska načela mogu se konkretno prikazati preko tri načina:

- svrhovita promjena unutarnjih činitelja oštećivanja (odabrati drugi materijal koji ima određene legirne elemente kao npr. Mo koji povećavaju pasivnost),
- svrhovita promjena vanjskih činitelja oštećivanja (smanjiti udio kisika pomoću inhibitora, tlak, temperaturu, radijaciju, smanjiti brojnost i utjecaj mikro i makroorganizama),
- odvajanje konstrukcijskog materijala od medija spontano ili namjerno (film, prevlaka ili obloga) [2].

Metal se može zaštititi od procesa korozije različitim metodama. Najčešće metode zaštite materijala od korozije su:

- elektrokemijska zaštita,
- zaštita obradom korozijske sredine,
- zaštita prevlakama i premazima,
- kombinirana zaštita [4].

#### 3.2. Elektrokemijska zaštita

Elektrokemijskim metodama zaštite metal se održava u pasivnom stanju u području potencijala pasivacije ili u imunom stanju pri potencijalima nižim od ravnotežnih kada ne korodira ili korodira s tehnološkog stajališta prihvatljivom brzinom.

Katodna zaštita je tehnika zaštite metala od korozije čiji je osnovni princip polarizacija metalne konstrukcije na potencijal kod kojeg proces otapanja metala prestaje ili se odvija prihvatljivo malenom brzinom.

Može se provesti na dva načina:

- pomoću vanjskog izvora istosmjerne struje i
- pomoću žrtvovane anode (protektora).

Princip rada između dva navedena postupka je isti, no izbor sustava katodne zaštite ovisi o svakom konkretnom slučaju. Općenito se kod stacionarnih objekata koristi zaštita s vanjskim izvorom struje, dok se protektori upotrebljavaju na pokretnim objektima. Metal koji se štiti dovede se u kontakt sa metalom nižeg potencijala (protektorom) koji će se u članku vladati kao anoda. Katodna zaštita je djelotvorna jedino ako je medij između protektora i objekta što se štiti vodljiv. Obično se koristi kao sekundarni zaštitni sustav.

Anodna zaštita odnosno anodna polarizacija ili kontakt s plemenitijim metalom može osnovni metal prevesti u pasivno stanje. Održavanjem pasivnog sloja, osnovni je metal zaštićen od daljnjeg razvoja korozijskog procesa.

Neke od metoda zaštite od korozije prikazane su slikom 1.



Slika 1. Metode zaštite od korozije [5]

### **3.3.    Zaštita obradom korozijske sredine**

Smanjenje korozivnosti vanjske sredine koja djeluje na metale i legure može se provesti na dva načina:

- uklanjanjem aktivatora korozije iz agresivne sredine,
- uvođenjem inhibitora korozije u agresivnu sredinu.

#### ***3.3.1.    Uklanjanje aktivatora korozije iz agresivne sredine***

Aktivatori korozije i sastojci koji povećavaju agresivnost korozivne sredine mogu se ukloniti na više načina:

- neutralizacijom kiselina,
- uklanjanjem kisika iz vode,
- uklanjanjem soli iz vode,
- sniženjem relativne vlažnosti zraka,
- uklanjanjem čvrstih čestica [6].

#### ***3.3.2.    Uvođenje inhibitora korozije u agresivnu sredinu***

Inhibitori su tvari koje dodane u korozivni okoliš smanjuju brzinu korozije do tehnološki prihvatljivih iznosa. Dodaju se povremeno ili kontinuirano u zatvorene ili iznimno u otvorene prostore. Prema kemijskom sastavu inhibitori su anorganski ili organski spojevi. Korozijskim inhibitorima smanjuje se korozijska agresivnost okoliša. Brojne su metode klasifikacije inhibitora, no neke od glavnih su prema sastavu i svojstvima, prema sigurnosti i prema mehanizmu djelovanja.

Prema sigurnosti mogu biti "sigurni" i "opasni". Ako je koncentracija inhibitora ispod minimalne vrijednosti, sigurni će inhibitor omogućiti nastavak samo jednolikog tipa korozije s brzinom ne većom nego što je ona u neinhibiranom sustavu, dok opasni inhibitor omogućava pojačanu lokalnu koroziju i situaciju čini gorom nego što je u odsutnosti inhibitora.

Podjela inhibitora prema mehanizmu djelovanja:

- anodni inhibitori (koče anodnu reakciju) stvaraju na anodnim mjestima filmove oksida ili slabo topljivih soli i tako čine barijeru koja izolira površinu,
- katodni inhibitori (koče katodnu reakciju) djeluju na jedan od dva načina; usporavaju katodnu reakciju korozijskog procesa ili smanjuju površinu katodnih dijelova metala i
- mješoviti inhibitori (koče oba procesa, i anodni i katodni) su najčešće organski spojevi koji se apsorbiraju na metalnu površinu.

### 3.4. Zaštita prevlačenjem

Prevlakama se razdvaja konstrukcijski materijal od agresivnog djelovanja okoliša. Metalne i nemetalne zaštitne prevlake i premazi su najčešći oblik zaštite od korozije. Primarna zadaća prevlaka je zaštita od korozije dok je sekundarna zadaća prevlaka zaštita od mehaničkog trošenja, postizanje estetskog dojma, postizanje određenih fizikalnih svojstava površine i dr. Zaštitno djelovanje prevlake ovisi o njoj vrsti, debljini, stupnju kompaktnosti i čvrstoći prijanjanja. Za kvalitetno nanošenje premaza i prevlaka potrebno je dobro pripremiti površinu što znači da je nužno ukloniti nečistoće, masnoću, okujinu te produkte korozije. Dije se na organske (nemetalne) i anorganske (metalne ili nemetalne).

Metalne prevlake nanose se fizikalnim ili kemijskim postupcima metalizacije ili platiranja, već prema tome odvijaju li se pri prevlačenju samo fizikalne promjene ili su prevlake produkt kemijskih reakcija. Tu spadaju galvanizacija ili elektroplatiranje, metalizacija prskanjem, vruće uranjanje u talinu metala, platiranje, nataljivanje, navarivanje itd.

Nemetalne anorganske prevlake nanose se fizikalnim ili kemijskim postupcima. Fizikalno se takve prevlake obično nanose izvana, tj. bez sudjelovanja podloge. Kemijski se prevlake najčešće oblikuju procesom u kojem sudjeluje površina podloge.

Od najbitnijih tu spadaju emajliranje, eloksiranje, bruniranje te fosfatne prevlake.

Nemetalne organske prevlake su prevlake koje se dobiju nanošenjem organskih premaznih sredstava (bojenjem i lakiranjem), uobičajenim podmazivanjem, plastifikacijom, gumiranjem i bitumenizacijom [7].

### 3.5. Zaštita oblikovanjem konstrukcija

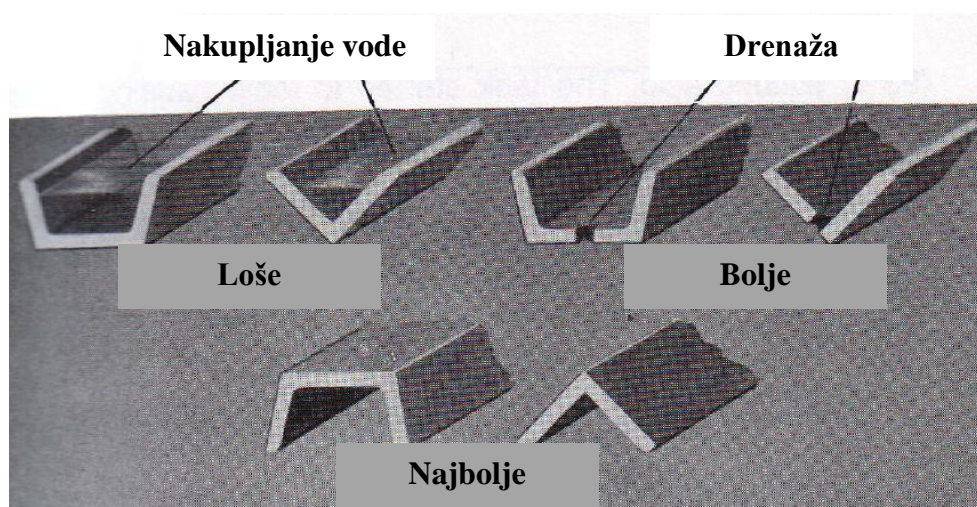
Osim odgovarajuće izvedbe zaštite osobito je važna i izvedba konstruktivnih detalja u cilju smanjenja intenziteta korozije na što je moguće manju mjeru. Pravilnim je projektiranjem moguće znatno unaprijediti zaštitu. Norma koja pokriva ovo područje je EN ISO 12944-3.

Prilikom spajanja limova zakovicama, vijcima ili isprekidanim zavarima, u procijepu spoja može doći do korozije. Tako nastali produkti imaju veći volumen pa redovito dolazi do deformacija. Preporuča se korištenje spojeva na većim površinama, najbolje zavarivanjem na cijelom spoju, kao i zaštita premazom koja učinkovito otklanja mogućnost pojave korozije. Pri projektiranju treba:

- birati što jednostavnije oblike (geometrijski efekti) što olakšava kasnije održavanje, čišćenje i smanjuje mogućnost nakupljanja nečistoća, a time i vjerojatnost pojave korozije,
- izbjegavati oštre rubove koje je potrebno zagladiti u svrhu jednolike debljine premaza, svaku površinu učiniti dostupnu premazivanju,
- izbjegavati mogućnost nakupljanja vlage ili agresivnih tekućina, a ako je to konstrukcijski neizbježno, obavezno je potrebno izvesti drenažu,
- za toplinske uređaje predvidjeti djelotvoran sustav hlađenja materijala,
- izbjegavati visoke temperature, tlakove, naprezanja i brzine gibanja medija osim ako to nije funkcionalno neophodno,
- provoditi neophodno plansko i preventivno održavanje tijekom eksploatacije,
- pravilno birati konstrukcijske materijale za konkretnu namjenu i uvjete u kojima će se konstrukcija koristiti,
- izbjegavati korištenje različitih materijala u kontaktu zbog moguće pojave galvanske (bimetalne) korozije uslijed njihove razlike potencijala,
- pri zavarivanju odabrati odgovarajuću elektrodu i
- nakon zavarivanja područje zavora obraditi radi boljeg prijanjanja prevlake [5].



Primjer zaštitnog oblikovanja konstrukcije prikazan je slikom 2.



Slika 2. Primjer zaštitnog oblikovanja konstrukcije [8]

## 4. ZAŠTITA PREMAZIMA

### 4.1. Uvod

Premaz je materijal koji je nakon nanošenja na podlogu stvorio čvrsti film. Na prvi se pogled čini kako premazi samo barijerno odvajaju metal od okoline i na taj ga način štite, mehanizam zaštite je mnogo složeniji i funkcionalniji. Premazi podlogu štite preko tri glavna principa dodavanjem odgovarajućih pigmentata:

- barijernom zaštitom nanošenjem debelog sloja premaza male vodene propusnosti,
- inhibirajućom zaštitom (cink kromati, cink fosfati, crveno olovo, itd.) i
- katodnom zaštitom visokim udjelom anorganskog cinka.

Temeljni sloj premaza osigurava dobru prionjivost na podlogu, a inhibirajućim pigmentima osigurava antikorozijska svojstva. Međusloj (zapunjači) pojačava zaštitna svojstva i prionjivost između dva sloja te barijerni efekt pigmentacijom laminarne strukture (listićima aluminija ili željeznog oksida). Završni sloj određuje konačnu boju, nijansu, sjaj, površinsku otpornost i ostala posebna svojstva.

### 4.2. Klasifikacija premaza

Prema vrsti otapala premazi se dijele na vodotopive i vodorazrijedive, topive u organskim otapalima i one bez otapala.

Prema broju sastojaka koji se miješaju prije nanošenja dijele se na jednokomponentne, dvokomponentne i višekomponentne premaze.

Prema vizualnom efektu stvorenog filma mogu biti sjajni, mat ili polumat, obojeni ili bezbojni, transparentni, standardni, reljef ili metalik premazi.

Prema načinu stvaranja filma dijele se na fizikalno sušive i kemijsko sušive. Kemijsko sušenje može biti pri sobnoj ili povišenoj temperaturi.

Prema podlogama na koje se nanose dijele se na premaze za metal, premaze za mineralne podloge i premaze za drvo.

Prema zadatku u premaznom sustavu dijele se na temelje i temeljne boje, međuslojne premaze, završne premaze, impregnacije i kitove.

### 4.3. Komponente premaza

#### 4.3.1. Veziva

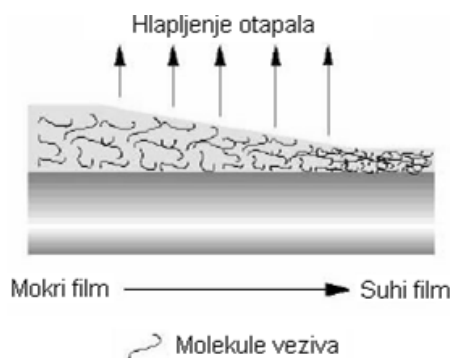
Veziva su nositelji premaza, koji povezuju sve komponente u homogenu cjelinu. Ona su tvorci filma pa nose najveći dio odgovornosti za mehanička i kemijska svojstva premaza. Dije se prema porijeklu na prirodna i umjetna, no češća je podjela prema načinu sušenja, tj. stvaranju filma (fizikalno sušenje ili kemijsko sušenje - oksidacijsko, dvokomponentno i ostali mehanizmi stvaranja filma). Moguće su modifikacije ili kombinacije osnovnih tipova veziva.

##### 4.3.1.1. Fizikalno sušenje

Fizikalno suše boje na bazi otapala [Slika 3.] i boje na bazi vode. Film nastaje hlapljenjem organskog ili vodenog otapala. Vrijeme sušenja boja na bazi otapala ovisi o temperaturi i strujanju zraka. Sušenje pri nižim temperaturama je puno sporije nego kod normalnih temperatura. Vrijeme sušenja boja na bazi vode ovisi o temperaturi, strujanju zraka i relativnoj vlažnosti zraka. Sušenje pri nižim temperaturama je puno sporije nego kod normalnih temperatura. Fizikalno sušenje možemo podijeliti u tri faze:

- brzo hlapljenje otapala s površine,
- hlapljenje otapala difuzijom kroz slojeve koncentrirane polimerne otopine i
- hlapljenje preostalog otapala u filmu.

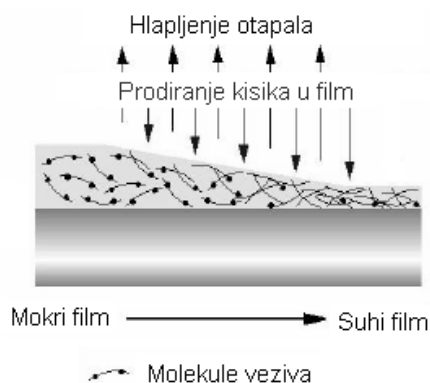
Nakon ove tri faze konačno se stvara suh polimer postupkom stvaranja filma isključivo hlapljenjem otapala što znači da je izbor otapala jako bitan. Tipovi veziva na bazi otapala su klor kaučuk, polivinilklorid, akrilne smole i bitumen, a na bazi vode akrilne i vinilne disperzije.



Slika 3. Fizikalno sušenje boja na bazi otapala [7]

#### 4.3.1.2. Kemijsko sušenje

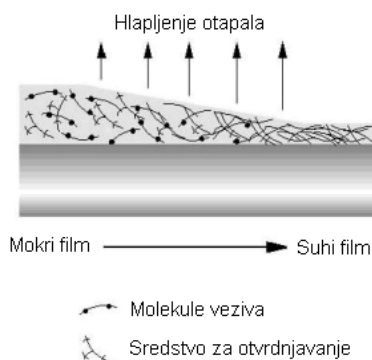
Kod oksidacijskog sušenja film nastaje hlapljenjem organskog ili vodenog otapala i reakcijom kisika i veziva koji stvara konačan film. Ovoj vrsti sušenja podvrgnuta su ulja bilo kao samostalna veziva ili kao modifikacija u nekim složenijim vezivima. Vrijeme sušenja ovisi o temperaturi. Reakcija kisika i veziva pri nižim temperaturama je puno sporija nego kod normalnih temperatura. Zbog sporosti reakcije koriste se katalizatori koji ubrzavaju proces stvaranja filma. Tipovi veziva za oksidacijsko sušenje su alkidi, uretan alkidi i epoksi esteri. Oksidacijsko je sušenje kemijsko iako ima i elemente fizikalnog sušenja [Slika 4.].



**Slika 4. Oksidacijsko sušenje boja na bazi otapala [7]**

#### 4.3.1.3. Dvokomponentno sušenje

Boje koje suše dvokomponentnim sušenjem sadrže osnovne komponente i sredstva za otvrdnjavanje. Film nastaje hlapljenjem otapala i naknadnom kemijskom reakcijom između veziva (epoksi smole, epoksi vinilne smole, epoksi akrilne smole, epoksi kombinacije, poliuretanski poliesteri, PUR akrilne smole, PUR epoksi smole i PUR polieteri) i sredstva za otvrdnjavanje (poliamini, poliamidi, aromatski poliizocijanati i alifatski poliizocijanati), [Slika 5.].



**Slika 5. Kemijsko sušenje dvokomponentnih boja na bazi otapala [7]**

#### 4.3.1.4. Ostali mehanizmi stvaranja filma

Film nastaje djelovanjem veziva s vlagom u okolini, s ugljičnim dioksidom u zraku ili lančanom reakcijom polimerizacije nekoliko sati pri povišenim temperaturama od otprilike 200 °C. Boje koje otvrdnjavaju reakcijom vlage u okolini i veziva su poliuretanske (jednokomponentne), alkidno-silikatne i etilno-silikatne (jedno- ili dvokomponentne).

#### 4.3.1.5. Svojstva osnovnih tipova veziva

Alkidne smole nisu sušive na zraku pa ih nakon hlapljenja treba peći pri 120-200 °C radi kemijskog otvrdnjavanja. Alkidi se vrlo često modificiraju drugim vezivima među kojima su najvažnija sušiva, polusušiva i nesusšiva ulja, epoksidne smole, poliuretani, fenoplasti i druga. Ponekad se alkidi modificiraju i monomerima koji sudjeluju u reakcijama otvrdnjavanja naliča. Dovoljan dodatak uljnog firmisa čini alkidne premaze sušivima na zraku. Čisti alkidi daju tvrde i glatke prevlake otporne do 120 °C i postoje u atmosferi i slatkoj vodi. Dodatak masnih ulja čini prevlake mekšima, ali žilavijima, tj. otpornijima na savijanje i udarce. Modificiranje epoksidnim smolama, poliuretanima i akrilatima povećava postojanost u slabo kiselim i slabo lužnatim otopinama, a modificiranje fenoplastima i silikonima otpornost na više temperature. Kombinacijom alkida s određenim vezivima dobiva se veća tvrdoća, otpornost na abraziju, sjajnost te trajnost naliča na otvorenim prostorima.

Na osnovi epoksidnih smola proizvode se:

- jednokomponentna premazna sredstva koja se peku (s čistim epoksidnim ili s epoksidno-fenolnim vezivima) i
- dvokomponentna premazna sredstva koja otvrdnjavaju katalitički ili pečenjem (s epoksidnim i poliamidnim smolama s otapalom ili bez njega, s epoksidnim smolama i aminima itd.).

Posebno treba istaknuti epoksidno-esterska i epoksidno-katranska premazna sredstva. Epoksidno-esterski premazi suše na zraku ili se peku. Epoksidno-katranski premazi redovito otvrdnjavaju umrežavanjem s poliamidima ili aminima pa su obično dvokomponentni.

Neki su sušivi na zraku, a drugi se moraju peći. Epoksidni i epoksidno-esterski premazi podnose temperature do 120 °C, a postoje u atmosferi i vodi, u kiselim i lužnatim vodenim otopinama, u tlu i u organskim otapalima. Epoksidno-katranski premazi imaju slična svojstva, ali nisu postojani u aromatskim otapalima. Epoksidni premazi vrlo dobro prijanjaju na sve podloge, čvrsti su i glatki. Dodatkom katrana povećava im se žilavost.

Na suncu su epoksidni slojevi skloni kredanju uslijed djelovanja ultraljubičastih zraka koje rastvaraju vezivo. Ta pojava kvari izgled površine.

Premazna sredstva na bazi poliuretana mogu biti jedno- ili dvokomponentna. Jednokomponentna su obično sredstva s poliuretanskim vezivima koja otvrdnjavaju djelovanjem vlage iz zraka s posebno stabiliziranim vezivima koja otvrdnjavaju pečenjem  $>85\text{ }^{\circ}\text{C}$  ili s vezivima modificiranim sušivim uljima i alkidima, odnosno katranskom smolom. Najkvalitetnije prevlake daju dvokomponentna sredstva od izocijanatnog i poliesterskog dijela koja reaktivno otvrdnjavaju u opne lijepog izgleda (nijansom i sjajem) postojeane na suncu, otporne na abraziju i temperature do  $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Prevlake su postojeane u atmosferi i vodi, u kiselim i lužnatim vodenim otopinama i u organskim otapalima. U odnosu na epoksi premaze, PUR premazi su mehanički otporniji, nešto manje postojeani u lužnatim, a nešto više u kiselim sredinama i prema oksidansima. Poliuretani se nanose na metalne i nemetalne podloge. U ovisnosti o sastavu, svojstva PUR prevlaka znatno variraju pa tako mogu biti elastomerne, plastomerne i duromerne.

Akrilatna veziva mogu biti termoplastična ili duromerna. Premazna sredstva na osnovi termoplastičnih akrilata otvrdnjavaju hlapljenjem otapala u slojeve dobrih mehaničkih svojstava koji ne tamne na zraku ni pod utjecajem ultraljubičastih zraka, ali nisu otporni iznad  $\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Postojeani su u vodi i u razrijeđenim kiselinama i lužinama. Duromerni su slojevi tvrdi od termoplastičnih, ali su nešto manje postojeani u kiselim i lužnatim otopinama. Akrilati čvrsto prijanjaju na metale uključivši i Zn i Al. Kao premazna sredstva rabe se i akrilati disperzirani u vodi (npr. za fasadne žbuke).

Sušenje premaznih sredstava na osnovi čistih vinilnih veziva vrši se hlapljenjem otapala. Veziva od PVC-a, polivinilacetata i njihovih kopolimera otporna su samo do  $\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a premazi su teško zapaljivi i postojeani u atmosferi i vodi te u kiselim, lužnatim i oksidativnim otopinama. Povećanjem udjela klora i uvođenjem floura u polimer raste toplinska otpornost (maksimalno do  $\sim 170\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) te kemijska postojanost. Nanose se na metale i nemetale.

Cink-silikatni premazi imaju veliku primjenu za privremenu zaštitu čeličnih konstrukcija te su kao takvi najtrajnija vrsta shopprimera izvanredne zaštite koja se temelji na osnovi katodnog djelovanja cinka kao pigmenta i formiranja barijere između metala i okoline. Premaz se odlikuje izuzetnom tvrdoćom i otpornošću na atmosferilije. Temperaturno je otporan do  $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Otporan je na organska otapala, ali neotporan na kiseline i lužine (otporan između pH 6 i 9). Cink-silikatni premazi pružaju kvalitetnu jednoslojnu zaštitu.

Kratki pregled osnovnih tipova premaza naveden je u tablici 1.

**Tablica 1. Kratki pregled osnovnih tipova premaza [7]**

Tip premaza	Svojstva premaza
Vinilni	<ul style="list-style-type: none"> <li>- teško su zapaljivi</li> <li>- kemijska otpornost</li> <li>- mala vodopropusnost</li> <li>- dobra mehanička svojstva</li> <li>- izuzetna tvrdoća</li> <li>- neotpornost na organska otapala</li> </ul>
Akrilni	<ul style="list-style-type: none"> <li>- otpornost na UV zrake</li> <li>- dekorativnost kod pokrivnog laka</li> <li>- termoplastičnost</li> <li>- kemijska otpornost</li> <li>- neotpornost na organska otapala</li> </ul>
Alkidni	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dobra mehanička svojstva</li> <li>- dobra tvrdoća</li> <li>- kemijska otpornost</li> <li>- toplinska otpornost do 120 °C</li> <li>- loša otpornost na jače kemikalije</li> </ul>
Epoksi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dobra mehanička svojstva</li> <li>- izuzetna tvrdoća</li> <li>- mala vodopropusnost</li> <li>- dobra kemijska otpornost (organska otapala, naftu, otopine kiselina i lužina...)</li> <li>- otpornost na habanje i abraziju</li> <li>- optimalan izbor među premazima</li> <li>- kredavost na UV</li> </ul>
Poliuretanski	<ul style="list-style-type: none"> <li>- odlična mehanička svojstva</li> <li>- izuzetna tvrdoća</li> <li>- kemijska otpornost</li> <li>- odlična otpornost na atmosferilije</li> <li>- toplinska otpornost do 170 °C</li> <li>- otpornost na habanje i abraziju</li> <li>- visoka cijena</li> </ul>
Cink-silikatni	<ul style="list-style-type: none"> <li>- izuzetna tvrdoća</li> <li>- izuzetna otpornost na atmosferilije</li> <li>- temperaturna otpornost do 400 °C</li> <li>- otpornost na organska otapala</li> <li>- neotpornost na kiseline i lužine</li> </ul>

#### **4.3.2. Otapala**

Otapala su hlapive organske tvari koje fizikalno mogu otopiti veziva premaznih sredstava bez utjecaja na vezivo i bez vlastitih promjena. Otapala razrjeđuju boju kako bi je mogli što lakše nanijeti na metal nakon čega ishlape ostavljajući suhi film. Također služe za skidanje starih premaza i odmašćivanje.

Bitni faktori pri izboru otapala su sposobnost otapanja, vrelište ili destilacijski interval, hlapivost, točka plamništa, cijena i otrovnost.

#### **4.3.3. Pigmenti**

Pigmenti, boje i punila definirani su kao materijali za bojenje. Pigmenti su definirani kao netopive organske ili anorganske tvari koje selektivno apsorbiraju i reflektiraju svjetlost, a posljedica toga je određeno obojenje koje daju premazima. Pigmenti povećavaju premazima zaštitna svojstva, kemijsku postojanost i toplinsku stabilnost. Boje su definirane kao tvari za bojenje koje su topive u primijenjenom mediju. Punila su bijele ili slabo obojene anorganske tvari netopive u primijenjenom mediju. U premaze se dodaju zbog poboljšavanja mehaničkih svojstava, mazivosti i svojstava tečenja, zbog povišenja i sniženja sjaja i zbog poboljšanja svojstva barijere filma tj. zbog otpornosti filma prema difuziji vode i agresivnih plinova. Pigmenti se dijele na anorganske, čađu, metalik, perl i organske. Kao posebni dodaci za promjenu svojstava primjene, izgleda ili svojstava filma premaza koriste se funkcionalni pigmenti koji se dijele na antikorozijske pigmente i pigmente za matiranje.

#### **4.3.4. Aditivi**

Aditivi su tvari koje uključene u formulaciju premaza unatoč malom udjelu imaju značajan utjecaj na svojstva. Dodaju se kako bi se spriječili nedostaci u premazima (npr. pjena, loše razlijevanje, sedimentacija) ili da daju specifična svojstva (npr. klizavost, vatrousposorenje, svjetlostabilnost) koja se inače dosta teško postižu. Aditivi se dijele prema nedostatku na koji djeluju: okvašivači i disperzanti, reološki aditivi, antipjeniči, aditivi za poboljšanje izgleda površine, sušila i katalizatori, konzervansi, svjetlosni stabilizatori i korozijski inhibitori. Neki aditivi mogu istovremeno djelovati na više svojstava premaza pa pripadaju u više grupa.



#### 4.4. Priprema površine

Priprema podloge za prevlačenje provodi se u cilju čišćenja i kondicioniranja površine konstrukcijskog materijala, kako bi se postiglo što čvršće prianjanje prevlake. Čišćenjem se s podloge uklanjaju sva labava i rahla onečišćenja kao što su masne tvari, većina korozijskih produkata, oštećene prevlake, prašina, čađa, koks i pepeo. Kondicioniranjem se osigurava poželjna kakvoća površine podloge, tj. tražena hrapavost, odnosno glatkoća. Uz pravilni odabir premaza, priprema površine je najbitniji korak u procesu zaštite konstrukcija premazima. Ključno svojstvo je adhezija ili prianjanje i ovisi o mnogo činioca od kojih su najbitniji čistoća (prašina i masnoće), hrapavost i/ili profil površine, nepravilnosti, produkti korozije i drugi.

Odmašćivanje se provodi u svrhu dobre adhezije između metala i prevlake i služi za odstranjivanje mineralnih i bioloških masnih tvari. Može se provesti sljedećim načinima:

- fizikalnim otapanjem u hlapivim organskim otapalima koja naknadno ispare s odmašćenih ploha,
- razrjeđivačima organskih premaznih sredstava,
- mlazom vodene pare,
- emulzijama organskih otapala u vodi,
- upotrebom lužnatih i jako kiselih otopina,
- sredstvima za kvašenje i
- spaljivanjem.

Uklanjanje korozijskih produkata i kondicioniranje najčešće se postižu odvajanjem čestica s obrađivanih ploha upotrebom abraziva, no koriste se i termički i kemijski postupci pa tako postoji:

- mehanička obrada (brušenje i četkanje, čišćenje mlazom abraziva, čekićarenje, čišćenje mlazom vode),
- termička obrada (zagrijavanje na temperaturu  $> 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) i
- kemijska obrada (kiselinsko i lužnato dekapiranje, kemijsko poliranje, jetkanje).

#### 4.5. Metode nanošenja premaza

Premazna se sredstva nanose četkama (kistovima), lopaticama i valjcima te prskanjem, uranjanjem, prelijevanjem i elektroforezom. Četke (kistovi) sastoje se od snopova životinjskih, biljnih ili sintetičkih vlakana. Prednosti su mogućnost dobrog utrljavanja boje i rad bez dodatka razrjeđivača. Loša strana premazivanja četkama je niska produktivnost te pojava tragova od kista. Lopatice (spatule) izrađuju se od čelika, a služe za nanošenje kitova i nekih pastoznih premaza s velikim udjelom suhe tvari tako da se dobiju debele prevlake preko 0,1 mm koje su često neravnomjerne i hrapave. Valjci od vune ili drugih vlakana mnogo su produktivniji od kistova ako se radi o većim plohama pa su osobito prikladni za prevlačenje limenih ploča i traka. Utrljavanje premaza je slabije nego pri četkanju, ali je sloj glađi i ravnomjerniji.

Prskanje (štrcanje) boja i lakova obavlja se stlačenim zrakom na sobnoj ili povišenoj temperaturi, bezzračnim ili elektrostatičkim postupkom. Za zračno prskanje služe pištolji u koje se uvodi zrak pod tlakom 0,12 do 0,5 MPa i premazno sredstvo koje se zrakom raspršuje.

Uranjanjem se boje i lakovi nanose na manje, jednostavne obratke koji se proizvode u velikim serijama. Pritom je nužno razrjeđivanje i naknadno ocjeđivanje viška premaza. Gubici su mali, iako je teško postići prevlake jednolične debljine na kompliciranim profilima te na unutarnjim i vanjskim površinama cijevi.

Preljevanjem se obično liče veći predmeti po čijoj se površini premazna sredstva lako razlijevaju, a nisu prikladni za prskanje zbog velikih gubitaka. Nalič se prelijeva kroz mlaznice ili dugačke proreze (tzv. ličenje zavjesom).

Elektroforeza najčešće služi za ličenje metala u vodenim disperzijama ili otopinama boja i lakova u kojima postoje pozitivno i negativno nabijene čestice polimernog veziva s pigmentom ili bez njega, pri čemu je voda suprotno nabijena. U istosmjernom električnom polju čestice premaza putuju prema suprotno nabijenom obratku, a voda u obrnutom smjeru pa se dobiva skoro suhi nalič.

## 5. TEMELJNI RADIONIČKI PREMAZI

### 5.1. Uvod

Glavna namjena specijalnih brzосуšećih premaznih sredstava - temeljnih radioničkih premaza (eng. shop primer) ili predproizvodnih temeljnih premaza (eng. prefabrication primer) - je zaštita čeličnih limova i profila od korozije tijekom proizvodnog procesa, sve do faze nanošenja sljedećih slojeva premaznog sustava. U većini slučajeva suhi radionički premaz također djeluje i kao prvi od slojeva premaznog sustava. Nanosi se jednoliko u kontroliranoj debljini na čelične limove neposredno nakon obrade pjeskarenjem ili sačmarenjem. Ponekad se uklanja prije nanošenja završnog premaznog sustava što je potrebno ukoliko korozija nastupi prije završnog premazivanja ili u slučaju nekompatibilnosti shopprimera s premaznim sustavom. Materijali zaštićeni temeljnim radioničkim premazom moraju i dalje zadržati svojstvo rezanja i zavarivanja bez štetnog utjecaja na kvalitetu zavara [9].

Tehnologija gradnje čeličnih konstrukcija sastoji se od niza operacija i traje određeno vremensko razdoblje tijekom kojeg je materijal izložen korozijskom djelovanju okoline. Nezaštićeni dijelovi konstrukcije kroz to vrijeme mogu korodirati što uzrokuje znatno povećanje troškova pripreme površine kao i izrade cijele konstrukcije. Zavarivanje preko radioničkog temeljnog premaza može predstavljati određene probleme i nepredviđene dodatne troškove proizvodnje [5].

Zahtjev za korozijskom zaštitom može varirati ovisno o primjeni, a za dobru je zaštitu neophodan pravilan odabir vrste shopprimera kao i metoda njegovog nanošenja [9], o čemu više u nastavku.

### 5.2. Osnovne zadaće shopprimera

Shopprimeri moraju zadovoljiti sljedeće zahtjeve:

- osigurati dovoljnu zaštitu od korozije tijekom proizvodnje,
- osigurati mogućnost nanošenja prskanjem kako bi se dobio tanak ujednačen sloj,
- imati kratko vrijeme sušenja zbog mogućnosti daljnjeg korištenja; moraju biti spremni za transport unutar tri minute bez oštećenja premaza na valjcima, magnetskim dizalicama i vakuumskim štipaljkama,
- imati mali ili nikakav utjecaj na brzinu zavarivanja i rezanja,

- ne oslobađati omamljujuće ili otrovne pare tijekom zavarivanja i plinskog rezanja (ne smiju sadržavati elemente kao što su arsen, antimon, olovo, kadmij ili krom),
- imati zanemariv utjecaj na homogenost i čvrstoću zavara,
- moći izdržati grubo rukovanje uključujući i savijanje čelika (visoka elastičnost),
- moći poslužiti kao prvi sloj premaznog sustava bez potrebe za uklanjanjem; ako se premazni sustavi na različitim dijelovima konstrukcije znatno razlikuju, temeljni premazi moraju biti kompatibilni s velikim rasponom različitih naknadnih slojeva osiguravajući dobru međuslojnu adheziju,
- biti voodootporni i po mogućnosti temeljeni na vezivima i pigmentima s vrlo malim udjelom sastojaka topivih u vodi (manje od 0,1% masenog udjela), što je vrlo bitno kod katodne zaštite,
- biti otporni na atmosferilije,
- biti otporni na određene kemikalije (ako se upotrebljavaju u spremnicima) i
- biti kompatibilni s katodnom zaštitom [9].

Postizanje svih navedenih svojstava samo jednim relativno tankim premazom je zahtjevno, ali izvedivo. Iako su shopprimeri po sastavu slični "običnoj boji" (pigment, vezivo, otapala i aditivi), razlikuju se od penetrirajućih ili premaza za kvašenje utoliko što se ispravno formulirani i ispravno nanesen shopprimeri osuše i otvrdnu vrlo brzo i imaju tendenciju pratiti profil površine u više ili manje jednakoj debljini filma [13]. Na slici 6. prikazana je radionica za privremenu radioničku zaštitu.



**Slika 6. Radionica za privremenu radioničku zaštitu [5]**

### 5.3. Priprema površine

Postoji mnogo načina čišćenja površina i to: čeličnim četkama, igličastim čekićima, kemikalijama, mlazom abraziva i dr. Od postojećih metoda jedina prihvatljiva metoda pripreme površine limova i profila za radionički temeljni premaz je čišćenje mlazom abraziva (pjeskarenjem ili češće sačmarenjem), a temeljni se premaz nanosi automatskim prskanjem neposredno nakon toga, u sklopu iste proizvodne linije.

U složenom postupku pripreme mlazom abraziva kao abrazivna sredstva koriste se sačma, rezana žica, drozga i dr. Kod izbora abraziva posebnu pažnju treba posvetiti čvrstoći. Jak, tvrd abraziv je krt i brzo se troši. Ako je, pak, suviše elastičan, onda sam abraziv apsorbira previše energije. U tom slučaju sredstvo više "kuje" sebe samo nego površinu. I oblik je važan, jer abraziv koji dolazi iz istog izvora, tjeran istom snagom, može, ukoliko njegov gravitet nije isti, pasti natrag, naći se na putu drugim česticama i prouzročiti više štete nego koristi. Važna je i veličina čestice; veće čestice silom udara skidaju nečistoće, dok će manje čestice očistiti fine i duboke rupice.

Prije sačmarenja preporuča se predgrijavanje ploča na temperaturu od 35-40 °C, što se obično provodi plamenicima. Na taj se način postiže suhoća površine i ubrzava naknadni postupak sušenja premaza. Brza suhoća potrebna je zbog nesmetanog toka proizvodnje, odnosno mogućeg transporta limova do sljedećeg procesa proizvodnje unutar samo nekoliko minuta. U slučaju nedovoljnog predgrijavanja, premaz se presporo suši što može rezultirati oštećenjem premaza, npr. na valjcima konvejera. Ukoliko dođe do pregrijavanja, premaz se suši prebrzo što uzrokuje nedovoljnu tečnost, neujednačenost debljine, poroznost premaza, kao i nedovoljnu korozijsku zaštitu.

Norme koje pokrivaju područje pripreme površine čišćenjem mlazom abraziva su:

- HRN EN ISO 8501-1: 2007 - Priprema čeličnih podloga prije nanošenja boja i srodnih proizvoda – Vizuelna procjena čistoće površine – 1. dio: Stupnjevi hrđanja i stupnjevi pripreme nezaštićenih čeličnih površina i čeličnih površina nakon potpunog uklanjanja prethodnih prevlaka [10] i
- HRN EN 10238: 2010 - Automatsko čišćenje mlazom i automatska predobrada zaštitnom prevlakom proizvoda od konstrukcijskog čelika [11].

### 5.3.1. Hrapavost površine i profil hrapavosti

Osim dobro očišćene površine, cilj je postići i hrapavost odnosno profil površine niži od 70  $\mu\text{m}$  s konfiguracijom bez oštih vrhova koji bi mogli probiti mokri premaz shopprimera. Drugi razlog za takvu površinu jest taj što se s minimumom dobro raspoređenog metala, metalnog oksida ili soli metala koji se kao pigment nalaze u shopprimeru, postiže maksimalna zaštita čiste površine čelika (lima / profila).

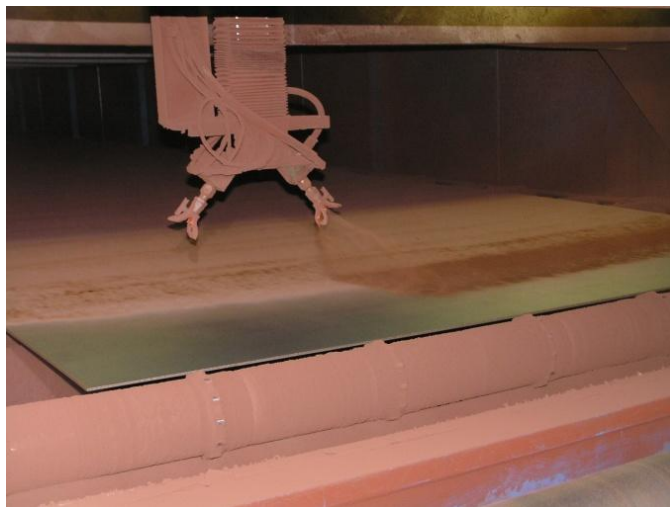
Kod primjene većine premaza potreban je profil usidrenja kojeg karakterizira hrapavost površine i profil hrapavosti, kako bi se postigla odgovarajuća adhezija. Profil usidrenja potrebno je detaljno i odvojeno razraditi u specifikacijama za pripremu površine. Može se okarakterizirati kao zaobljeni ili uglati ovisno o abrazivu. Hrapavost površine može se okarakterizirati različitim parametrima za hrapavost koji se znatno razlikuju u njihovim numeričkim vrijednostima. Specifikacija hrapavosti 10-15  $\mu\text{m}$  i 75-100  $\mu\text{m}$  može označavati istu vrijednost odnosno opisivati isti profil, ovisno o tome da li se radi o parametru  $R_a$  (aritmetička sredina devijacije profila) ili  $R_z$  (visina deset nepravilnosti).  $R_y$  je maksimalna visina profila. Velika preciznost profila hrapavosti prije nanošenja shopprimera nije potrebna, ali hrapavost površine utječe na debljinu suhog filma (dsf). U primjeni shopprimera najvažniji parametar profila je  $R_z$ . "Elcometer surface profile gauge" je mikrometarski brojčani mjerač, kojim je moguće približno mjeriti parametar profila  $R_z$ . Preračunavanje parametara jednih u druge nije moguće.

Nakon što je postignuta zadovoljavajuća podloga uz pomoć odgovarajuće pripreme površine, potrebno je shopprimerom sačuvati te uvjete do nanošenja specificiranog premaza. Proces sačmarenja se mora nadzirati jer pretjerivanje može uzrokovati nepravilno prekrivanje premaza, odnosno probijanje vrhova površinske hrapavosti kroz premaz. To može dovesti ubrzanog procesa korozije posebno kod premaza bez cinkovog praha. Nasuprot tome, premala hrapavost površine uzrokuje nedovoljnu adheziju shopprimera. Cink-silikatni shopprimeri su posebno osjetljivi u ovom pogledu. Kod njihovog je korištenja ponekad projektom određena minimalna hrapavost, a čak i profil hrapavosti površine (sidrenje). Hrapavost i čistoću površine mora se često kontrolirati. Jednostavan način ocjenjivanja maksimalne hrapavosti je mjerenje pseudo debljine suhog filma (dsf) ili pomoću vizualne metode "Rugotestom". Ukoliko hrapavost ne zadovoljava prethodno određene kriterije, potrebno je odabrati prikladniji abraziv za sačmarenje.

Ukoliko projektom nije drugačije navedeno čistoća nakon sačmarenja treba biti najmanje Sa 2,5 (sukladno normi HRN EN ISO 8501-1) neposredno prije nanošenja shopprimera. Za vrijeme sačmarenja mora biti često kontrolirana. Ukoliko se ne postigne zahtijevana čistoća, potrebno je smanjiti brzinu prolazaka limova kroz sačmarilicu ili koristiti veći stupanj abrazivnosti. Ako se koristi horizontalna centrifugalna sačmarilica, posebna se pažnja mora posvetiti čistoći donje strane ploče.

#### 5.4. Debljina suhog filma temeljnog radioničkog premaza

Za najbolju zaštitu od korozije poželjan je što deblji sloj shopprimera. Nasuprot tome, za sušenje, zavarljivost, čvrstoću zavora, manje oslobađanje para tijekom zavarivanja i sl. poželjan je što tanji sloj. U praksi debljina suhog filma temeljnog radioničkog premaza mora biti kompromis između različitih zahtjeva. Npr. kod radioničkog premaza s cinkovim prahom, debljina premaza ne smije prelaziti 20  $\mu\text{m}$ , dok kod shopprimera bez cinkovog praha debljina ne smije prelaziti 25  $\mu\text{m}$ . Na slici 7. prikazano je automatsko nanošenje temeljnog radioničkog premaza.



**Slika 7. Automatsko nanošenje temeljnog radioničkog premaza [12]**

Načinu kontrole nanošenja potrebno je posvetiti posebnu pažnju. Ovo je vrlo precizan posao, a u praksi se često odrađuje rutinski i površno, što je pogrešno. Prevelika debljina filma može imati negativan učinak na brzinu i kvalitetu rezanja i zavarivanja. Nadalje, zbog njihove tipično velike volumne koncentracije pigmenta, kohezija shopprimera smanjuje se s povećanim debljinama filma. Iz ovog proizlazi da je vrlo važno stalno pratiti i kontrolirati nanesenu debljinu filma shopprimera.

Potrebna debljina suhog filma shopprimera je ona debljina koja omogućava da se njome pokrije svaka točka čelične površine. Ako je čelična površina potpuno glatka, potrebnu debljinu filma moguće je dobiti ravnomjernim nanošenjem izračunate teoretske količine shopprimera na svaki  $m^2$  površine. Sačmarenjem se u praksi postiže određena hrapavost koja zbog raspona "vis-dol" ima znatno veću površinu od glatke površine i stoga iziskuje veću količinu shopprimera. Praktična izdašnost će stoga ovisiti o hrapavosti površine. Što je hrapavost veća to će biti potrebna i veća potrošnja shopprimera. Primjer faktora za povećanje teoretske potrošnje shopprimera kod centrifugalnog sačmarenja je 1,7 [13].

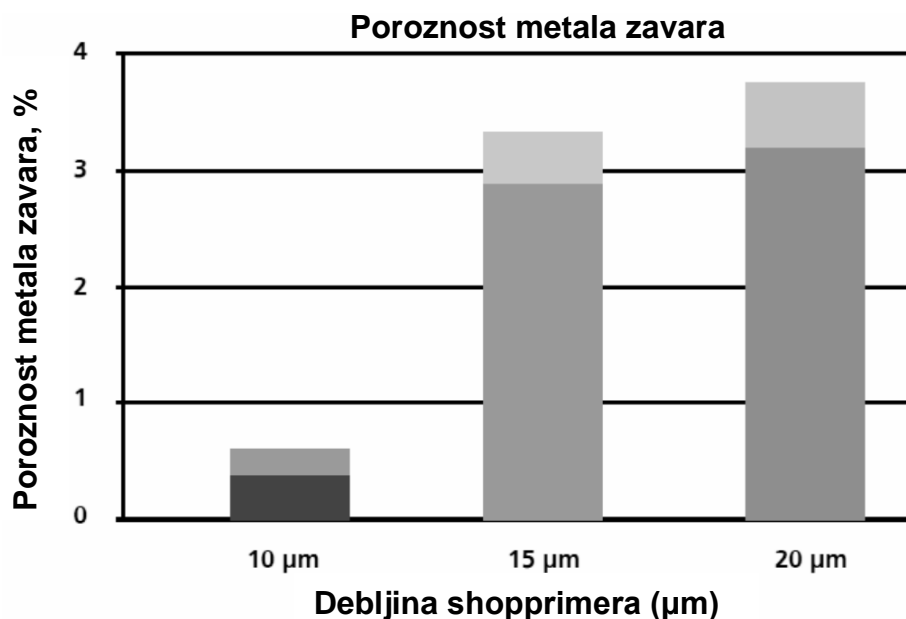
S obzirom da je debljina filma shopprimera manja od hrapavosti pjeskarene čelične površine, dovoljno precizno mjerenje ne može se izvršiti uobičajenim umjeravanjem na glatkom limu i potom direktnom mjerenju površine premazane shopprimerom. Jednako tako ne može se s dovoljnom preciznošću upotrijebiti mjerač umjeren na sačmarenoj površini. Debljina suhog filma shopprimera mora se kontrolirati periodično. To se postiže mjerenjem debljine premaza na malim glatkim metalnim ili staklenim pločicama pričvršćenim na sačmarenu površinu prije nanošenja shopprimera. Ispitna pločica po mogućnosti treba imati oblik trake čija je duljina otprilike 1,5 puta veća od širine lepeze raspršivača, a premazuje se zajedno s opjeskarenim čeličnim limom i nakon sušenja mjeri se debljina suhog filma. Bolje su staklene pločice zbog svoje prozirnosti jer se gledanjem kroz njih prema svjetlu može ocijeniti homogenost sloja premaza. Preporuka proizvođača premaza je mjerenje suhog filma provoditi umjeravanjem elektromagnetskog mjerača na glatkoj površini. Trebalo bi izbjegavati mjerenje debljine suhog filma temeljnih radioničkih premaza na sačmarenim čelicima pomoću mjerača dsf zbog mogućih velikih odstupanja mjerenja.

Kako bi se izbjegli negativni učinci na kvalitetu rezanja i zavarivanja, shopprimeri moraju biti atestirani od strane nadležnih institucija. Isto vrijedi i za otrovnost para oslobođenih zavarivanjem. Atesti su bazirani na ispitivanjima provedenim pri određenim debljinama suhog filma. Prekomjerna debljina je nepotrebno razbacivanje, ali ponekad uz to može izazvati čak i mnogo veće troškove ako dođe do eventualnog neuspjeha čitavog sustava zbog greške u koheziji unutar predebelog sloja shopprimera.

Zbog toga je jako važno da se kod uključivanja automatskog raspršivača vodi računa o reguliranju temperature, brzine limova i pištolja, jer oni rade skladno, a pogrešno reguliran samo jedan dio rezultira neadekvatno nanesenim shopprimerom.



Ovisnost poroznosti metala zavara o debljini shopprimera prikazana je na slici 8.



Slika 8. Poroznost metala zavara u ovisnosti o debljini shopprimera [14]

### 5.5. Najvažnije vrste shopprimera

Najčešće se koriste dvije vrste shopprimera. To su oni bogati cinkovim prahom i oni bez cinkovog praha.

Dugi su se niz godina kao temeljni premazi za sustave s dugim vijekom trajanja koristili premazi na bazi cinka, obično cink etil silikata [15].

Jačanjem regulative zaštite okoliša korištenje aktivnog pigmenta na bazi cinka došlo je u pitanje. Iako se i dalje koristi, traže se rješenja za njegovu zamjenu, ali bez gubitka kvalitetnih svojstava.

Prednosti pigmenta na bazi cinka su:

- odlična korozijska zaštita,
- otpornost uronjenog premaza,
- zaštitna svojstva i u slučaju oštećenja i
- brzo sušenje.

Nedostaci pigmenta na bazi cinka su:

- kratko vrijeme za nanošenje sljedećeg sloja zbog nastanka cinkovih soli,
- slaba kemijska otpornost i
- visoka cijena.

Cijena se djelomično nadoknađuje malom potrebnom debljinom premaza za dovoljnu korozijsku zaštitu. Moguće rješenje su dvokomponentni epoksi premazi bez cinka koji su manji opasni za okoliš, a imaju dobra svojstva [16].

Unatoč tome, radi se samo o privremenim odnosno kratkoročnim poboljšanjima i uštedama kroz veću produktivnost, jednostavnije nanošenje, brže sušenje i bez potrebe za međupremazom. Dugoročno se troškovi povećaju zbog znatno većih naknadnih potreba za održavanjem, pogotovo kod dugotrajnih konstrukcija. Cink štiti osnovni materijal prvenstveno katodnom zaštitom i toga kod premaza bez cinka nema. Čak i premazi s manjim udjelima cinka od propisanog dugoročno bolje štite konstrukciju od onih bez cinka [17]. Najvažnije vrste shopprimera navedene su u tablici 2.

**Tablica 2. Svojstva glavnih vrsta shopprimera [9]**

Svojstva	Vrste shopprimera			
	Cink epoksi	Cink silikat	Epoksi Fe oksid crveno-smeđi	PVB
Pakiranje	2-komp.	2-komp.	2-komp.	1-komp.
Otapalo	esteri, ketoni	voda, alkohol	esteri, ketoni	alkohol
Razrjeđivač	aromati	alkohol	aromati	ketoni
D.S.F. $\mu\text{m}$	12-20	12-20	20-25	15-25
Antikorozivna svojstva	vrlo dobra	odlična	dobra	zadovoljavaju
Mehanička čvrstoća	dobra	odlična	vrlo dobra	dobra
Utjecaj na zdravlje	pojava cinkove groznice	pojava cinkove groznice	neznatan	neznatan
Međupremazni interval	kritičan	kritičan	ponekad kritičan	dobar
Otpornost na katodnu zaštitu	dobra	dobra	dobra	ograničena

### 5.5.1. Shopprimeri s cinkovim prahom

Premazi s cinkovim prahom obično su bazirani na sljedećim, nesaponificirajućim vezivima:

- epoksi smole,
- alkalni silikati i
- djelomično hidrolizirani etil silikati.

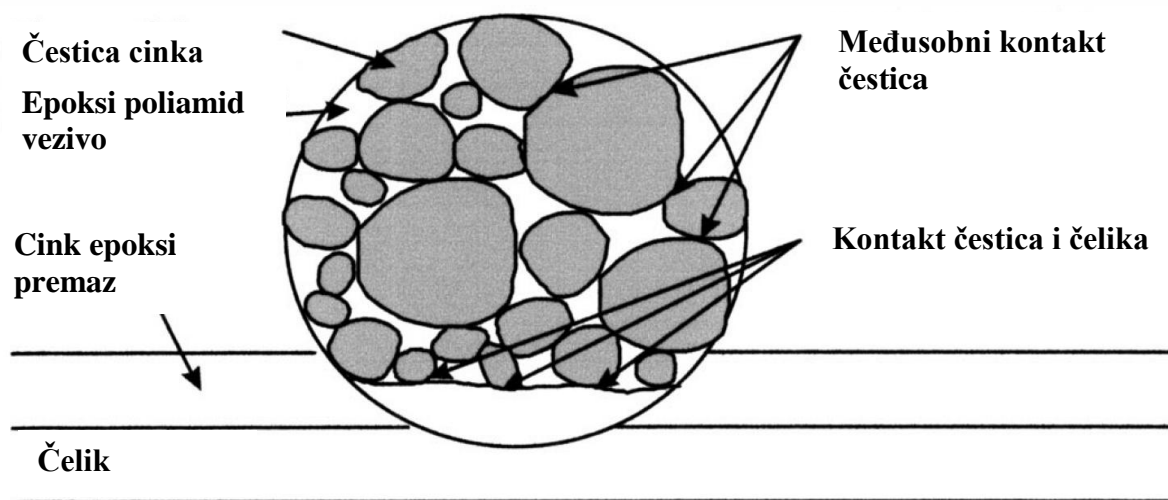
Epoksi shopprimeri s cinkovim prahom su dvokomponentni (otopina cinkovim prahom pigmentirane epoksi smole i sredstva za otvrdnjavanje). Miješaju se neposredno prije upotrebe u definiranom omjeru, po mogućnosti upotrebom mehaničke miješalice. Komponente cink-silikatnih shopprimera također se isporučuju odvojeno. Shopprimeri bazirani na epoksi smolama i etil silikatima su zapaljivi budući da sadrže vrlo nestabilna organska otapala. Proizvodi temeljeni na alkalnim silikatima sadrže vodu, razrjeđuju se vodom i nisu zapaljivi.

Suhi cink-silikatni temeljni premazi sadrže najmanje 92% masenog udjela cinka i pokazuju tipičnu sivu boju cinkovog praha. Odlična inhibitorska svojstva ovih premaza proizlaze iz njihove lokalne katodne zaštite. Debljina suhog filma im je 12-20  $\mu\text{m}$ .

Deblji premazi imaju negativan utjecaj na zavarljivost čelika i adheziju sljedećih slojeva premaza, a povećavaju i količinu štetnih para prilikom zavarivanja. Slojevi tanji od 12  $\mu\text{m}$  ne pružaju adekvatnu zaštitu od korozije. Što se tiče korozijske zaštite premazi s cinkom pružaju mnogo bolju zaštitu od onih bez cinka zbog lokalne katodne zaštite koju osigurava velika količina cinka. Time se pruža korozijska zaštita čak i na oštećenim mjestima (npr. ogrebotine ili udarci u pogonu) kroz dulje vrijeme. Cink-silikatni radionički premazi imaju bolja svojstva korozijske zaštite i mehanička svojstva od cink-epoksi radioničkih premaza u slučajevima kada postoji samo radionički sloj zaštite. Kada je temeljni premaz na bazi cinka samo prvi u sustavu premaza, bolje je koristiti cink epoksi temeljni premaz [15] .

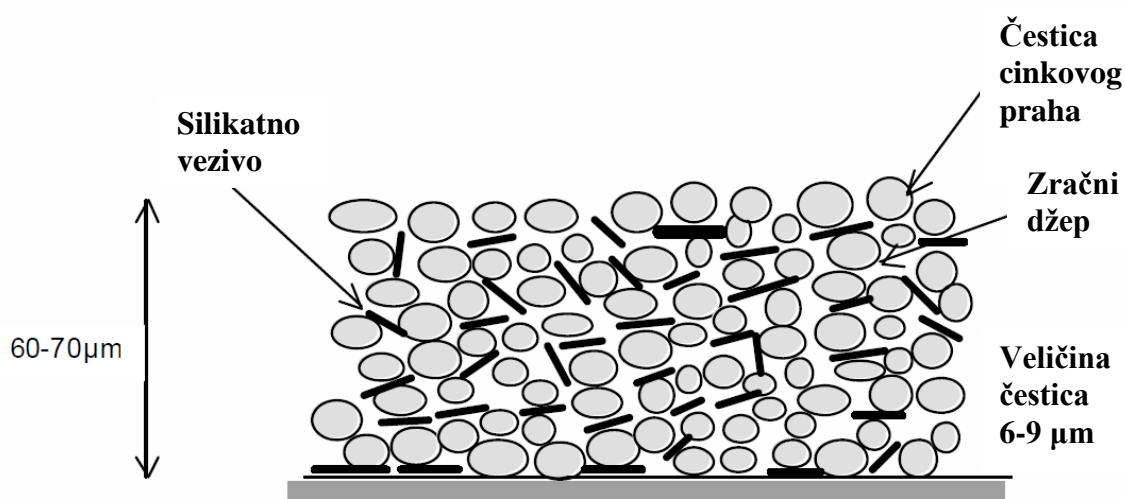
Glavni nedostatak premaza s cinkom je loša otpornost na atmosferilije. Zbog kemijskih reakcija stvaraju se cinkove soli na površini, od kojih su neke higroskopne što često dovodi do problema s međuslojnom adhezijom nakon ponovnog premazivanja. Dodatan problem kod korištenja cink-silikatnih premaza na bazi vode je površinsko stvaranje spojeva topivih u vodi za vrijeme umrežavanja sloja uslijed čega može doći do smanjene adhezije sa sljedećim slojem premaza pogotovo na uronjenim dijelovima konstrukcije gdje može doći do mjehuranja i ljuštenja.

Za sprječavanje ovakvih pogrešaka, cinkove soli i ostali reakcijski produkti moraju se ukloniti prije nanošenja sljedećeg sloja premaza. To se obično provodi temeljitim čišćenjem površine najlonskim četkama korištenjem dovoljne količine čiste slatke vode (npr. vode iz slavine) i naknadnog temeljitog ispiranja površine. Čak i na pažljivo očišćenom premazu bogatom cinkom, adhezija mnogih sustava premaza slabija je nego na temeljnim premazima sa smanjenim udjelom cinka. Pri tome lošija adhezijska svojstva imaju cink-silikatni premazi nego cink-epoksi premazi. U pravilu premazi sa smanjenim udjelom cinka stvaraju manje higroskopskih cinkovih soli izloženi atmosferilijama što rezultira lakšim čišćenjem i boljom adhezijom sljedećih slojeva premaza. Potrebno je naglasiti da bi se premaze s cinkom trebalo kombinirati s premaznim sustavima koji su vrlo otporni propuštanju vode jer uvelike smanjuju rizik mjehuranja i ljuštenja. Ponekad se nanosi i međusloj na temeljni premaz, najčešće za uronjene dijelove konstrukcije na koje se nanose epoksi smole na bazi katrana. Cink-silikatni premazi osjetljiviji su na kvalitetu pripreme površine i nanošenje premaza od cink-epoksi shopprimera [Slika 9.].



**Slika 9. Shematski prikaz cink epoksi premaza na čeličnoj površini [16]**

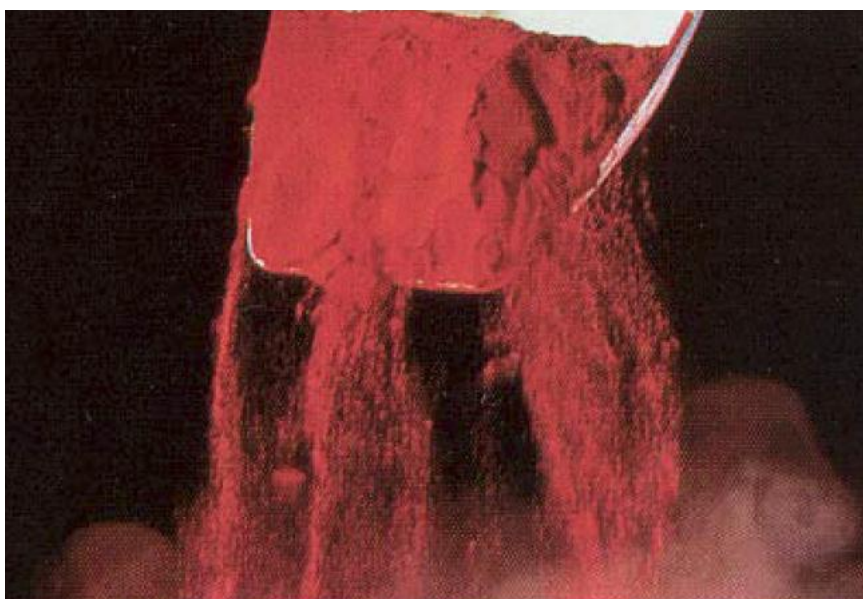
Ako je potrebna najbolja korozijska zaštita, tvrdoća i otpornost trošenju, preporuča se korištenje cink silikatnih shopprimera [Slika 10.]. Najtrajniji su s izvanrednim antikorozivnim svojstvima. Premazno sredstvo je na bazi etilsilikatnog veziva, a kao pigment se koristi cink. Međutim, prisutnost cinkovih soli zahtjeva visok stupanj čišćenja površina prije završnog premazivanja. Kod nanošenja se zahtjeva strogo pridržavanje propisanih uvjeta.



**Slika 10. Idealizirani prikaz premaza s cinkovim prahom i silikatnim vezivom [18]**

Shopprimeri sa smanjenim udjelom cinka sadrže 75-80 % masenog udjela cinka zbog čega su im antikorozijska svojstva djelomično smanjena. Ali, s druge strane, njihova mogućnost ponovnog premazivanja je znatno bolja i, dodatno, stvara se manje štetnih cinkovih para tijekom zavarivanja i plinskog rezanja, udisanje kojih može izazvati privremenu neugodnost, tzv. "cinkovu groznicu". Rizik je, naravno, veći kod debljih radioničkih premaza i/ili neprikladne ventilacije.

Za pigmentaciju se najviše koriste cink ili željezni oksid [Slika 11.].



**Slika 11. Pigment željezno-oksidnih shopprimera [14]**

Prema pigmentu su nazvani cink-epoksi shopprimeri, odnosno željezno-oksadni epoksi shopprimeri. Ako se za pigmentaciju koristi cink koji pruža izvanrednu katodnu zaštitu čeliku kao žrtvena anoda, veliku pažnju treba posvetiti otklanjanju cinkovih spojeva prije no što se pristupi završnom premazivanju. Naročito se to odnosi na površine koje su izložene atmosferilijama kroz duže vrijeme jer se s vremenom na površini stvaraju cinkovi spojevi koji su teško topivi u vodi i teško se odstranjuju. Cinkovi spojevi (najviše cinkov oksid) stvaraju alkalični medij koji sa smolom iz boje saponificira. To je naročito izraženo kod uljno-alkidnih i alkidnih boja. Prema tome, prije završnog bojenja treba ukloniti cinkove spojeve i izvršiti kontrolu prisutnosti alkaličnog medija pomoću destilirane vode i pH-papira. Željezno-oksadni shopprimeri pružaju relativno kraću zaštitu od onih bogatih cinkom, no ipak pružaju efikasnu zaštitu čeličnih limova. Prednost im je u tome što na površini ne stvaraju soli koje štetno djeluju na premazni sustav. Oni su i jeftiniji od cink-epoksi shopprimera i razvijaju manje štetnih plinova za vrijeme rezanja i zavarivanja. Kod ovih shopprimera brzina rezanja i zavarivanja znatno je veća.

Cink-epoksi premazi sadrže organska veziva, zbog čega prilikom zavarivanja i rezanja nastaje velika količina otrovnih para i spaljuje se relativno veliko područje u blizini zavara. U tom pogledu bolje je koristiti cink-silikatne shopprimere koji su u potpunosti anorganski.

### **5.5.2. Shopprimeri bez cinka**

Radionički premazi bez cinka obično se temelje na sljedećim vezivima:

- epoksi smole i
- kombinacija polivinilbutiral i fenolne smole.

Kao pravilo, ovi premazi isporučuju se kao dvokomponentni proizvodi crveno-smeđe boje. Iako su dostupni i kao jednokomponentni epoksi ili polivinilbutiral premazi, njihova sposobnost sprječavanja korozije slabija je od onih dvokomponentnih. Shopprimeri bazirani na epoksi smolama bez cinka, obično se pigmentiraju crvenim željeznim oksidom, ponekad u kombinaciji s aluminijskim prahom i/ili cinkovim kromatom. Pri korištenju crveno-smeđih radioničkih premaza, manji korozijski produkti su zbog boje podloge teško uočljivi. Tamnija područja ukazuju na znatnu koroziju. Ukoliko se na takvu podlogu nanosi premazni sustav, trajnost će mu biti kratka. U takvom je slučaju potrebno prethodno pjeskarenjem ukloniti radionički premaz.

Premazi bez cinka imaju bolja adhezijska svojstva završnog premazivanja od onih koji sadržavaju cink. Razlog je izostanak higroskopnih cinkovih soli. Unatoč tome, čak i temeljni premazi bez cinka koji su vrlo tvrdi i glatki nakon potpunog umrežavanja mogu imati problema s međuslojnom adhezijom. Neke vrste takvih shopprimera ranije su sadržavale i pigmente s kromom koji su se kod zavarivanja i rezanja oslobađali u parama i bilo vrlo štetni za zdravlje radnika. U današnje se vrijeme, iz zdravstvenih razloga, krom koristi u vrlo ograničenim dopuštenim količinama ili potpuno izbjegava.

Premazi na bazi polivinilbutirala (PVB) sve se rjeđe koriste zbog niske trajnosti premaza, niske otpornosti na lužine i problema s katodnom zaštitom narinutom strujom.

Oznake temeljnih radioničkih premaza navedene su u tablici 3.

**Tablica 3. Oznake temeljnih radioničkih premaza [9]**

Osnovne značajke		Oznaka
Vezivo	Pigment	
Epoksi (EP)	željezni oksid (F)	EPF
Polivinil bitural (PVB)	željezni oksid (F)	PVBF
Alkid (AK)	željezni oksid (F)	AKF
Akril (AY)	željezni oksid (F)	AYF
Epoksi (EP)	cink prah (Z)	EPZ
Etil-silikat (ESI)	cink prah (Z)	ESIZ

Uobičajena debljina sloja temeljnog radioničkog premaza prema normi HRN EN 10238:2010 je  $20 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$  [11].

Svaki tip shopprimera ima svoje prednosti i nedostatke koje je potrebno vrednovati ovisno o planiranoj namjeni pa tek nakon toga pristupiti odabiru shopprimera koji će najbolje udovoljiti potrebama.

## 6. ZAVARIVANJE PRAŠKOM PUNJENOM ŽICOM - FCAW

Zavarivanje praškom punjenim žicama - FCAW (eng. Flux cored arc welding) je postupak koji se može primijeniti kao zamjena za postupke REL-a, MIG/MAG-a i EPP. Prednosti FCAW postupka su visokokvalitetan nataljeni metal (depozit), odličan izgled zavar a i veliki učinak taljenja. Proces ima veliku brzinu zavarivanja, te ga je lako automatizirati. Postoje dvije vrste postupka; samozaštitni FCAW postupak je pogodan za terensku upotrebu na otvorenom prostoru, dok je plinom štićeni postupak pogodan za zatvorene prostore. Oba postupka mogu se koristiti za profesionalne i hobi/rekreativne primjene. Dodatna prednost FCAW postupka je ta što je oprema vrlo slična opremi za MIG/MAG postupak; uz neke ne toliko skupe izmjene oprema je pogodna za rad s oba postupka.

FCAW je postupak elektrolučnog zavarivanja kod kojeg se elektroda pomoću električnog lûka tali i tvori zavar. Zaštitni plinovi i pare stvoreni su taljenjem praška koji se nalazi u cjevastoj elektrodi [Slika 12.], a može se koristiti i dodatna zaštita vanjsko dovedenim zaštitnim plinom. Postupak je nastao kao zamjena za REL, jer je upotreba kontaktnih štapnih elektroda nespretna, a prevladani su i mnogi nedostaci REL-a. Praškom punjena žica (PPŽ) sastavljena je od metalne obloge i jezgre raznih materijala u prahu. Tijekom zavarivanja stvara se troska na zavarenom spoju. Žica ispunjena praškom automatski se dovodi. Oprema je slična kao kod MIG/MAG postupka, ali uz neke razlike (pogonski valjčići, zaštitni plin, vodilica, kontaktni vrh). Zaštitni plin također se dovodi kroz cijevi zavarivačkog pištolja štiteći talinu zavar a od oksidacije pri zavarivanju. Prašak unutar žice štiti zavar od atmosfere pomoću troske koja pokriva zavar [19].



**Slika 12. Poprečni presjek elektrode – vrste spojeva žice [19]**

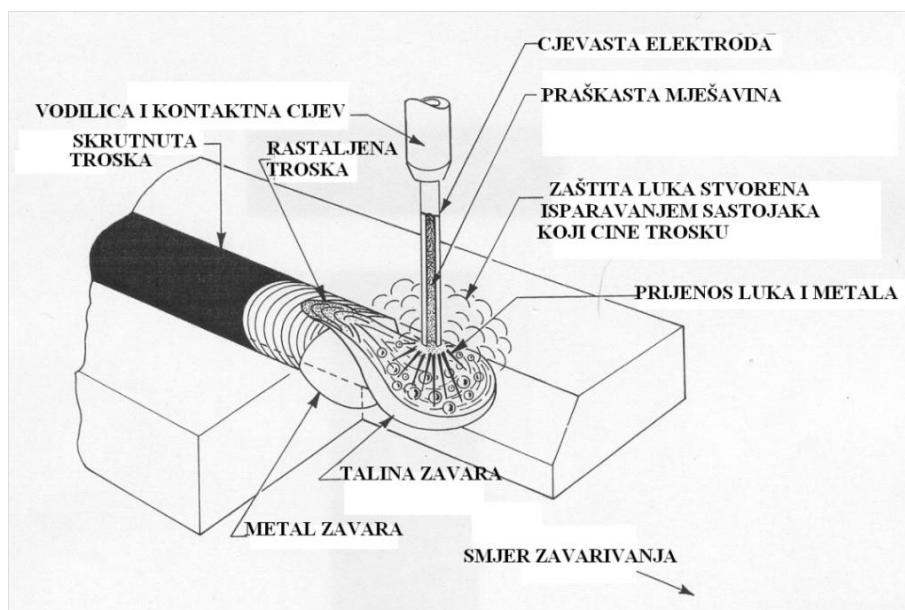
Postoje dvije vrste FCAW postupaka:

- FCAW-S i
- FCAW-G.



FCAW-S zahtjeva zaštitni plin, zbog praška u jezgri unutar cjevčice potrošne elektrode. Jezgra sadrži prašak raznog sastava i sastojaka koji podvrgnuti visokoj temperaturi stvaraju zaštitni plin radi zaštite lûka. Ova vrsta FCAW postupka preporučuje se zbog mogućnosti prijenosa i korištenja na otvorenom (terenski rad), također ima odličnu dubinu penetracije u metal i ne šteti joj strujanje zraka. Žica s praškastom jezgrom se tali toplinom električnog lûka, stvara zaštitni plin i praškaste agense radi dobivanja kvalitetnog zavora bez vanjskog zaštitnog plina. Taj "štit" može izdržati jaki povjetarac. Nakon završenog procesa zavarivanja sa zavora treba maknuti trosku.

Bitne parametre čine nagib zavarivačkog pištolja koji je propisan i poboljšava preglednost pri zavarivanju i parametri dodavača žice; netočna tehnika daje uvećane greške. Ovaj postupak obično se koristi za zavarivanje niskougljičnog čelika koji se koristi na otvorenom, budući da je moguće popraviti poljoprivrednu i građevinsku mehanizaciju u vrlo kratkom vremenskom periodu. Dijelovi postupka prikazani su na slici 13.



Slika 13. Dijelovi FCAW-S postupka zavarivanja [19]

FCAW-G vrsta koja koristi zaštitni plin koji se dobavlja izvana, primarno se koristila za zavarivanje čelika, a neki je smatraju kombinacijom MIG/MAG-a i FCAW-a. Ova vrsta se preporuča za metale debljeg presjeka i kod položaja zavarivanja koji nisu prisilni. Stvorena troska se lakše skida, ali se postupak ne može koristiti kod vjetrovitog vremena, jer gubitak zaštitnog plina stvara poroznost (male kratere) na površini zavora.

## 6.1. Prednosti FCAW postupka zavarivanja

FCAW postupak ima brojne prednosti u odnosu na druge postupke; osigurava visokokvalitetan zavar uz niže troškove, manje je zahtjevan spram zavarivača od REL-a, dopušta veća odstupanja parametara zavarivanja od MIG/MAG-a, te je fleksibilniji i bolje prilagodljiv od EPP-a. Zavarivač ne treba stati s radom i mijenjati štapnu elektrodu kao kod REL-a, što omogućava duži zavar uz samo nekoliko ponovnih početaka zavora, više nataljenog metala zavora, veliku produktivnost i manju mogućnost pogreške u počecima zavora. Prednost PPŽ (praškom punjenih žica) je dobivanje veće duljina zavora uz isti vremenski period zavarivanja odnosno bolja efikasnost. Kada se koristi zaštitni plin CO<sub>2</sub>, koji je vrlo jeftin (ili ostali 75/25 plinovi), i prašak koji sadrži oksidatore osnovni metal zahtjeva malo čišćenja prije zavarivanja, a nakon zavarivanja čišćenje je brzo i jednostavno. Brzina zavarivanja PPŽ je oko dva puta veća od brzine zavarivanja uz punu žicu, FCAW postupak zahtjeva manje čišćenja nego MIG/MAG postupak, ali stanje osnovnog metala utječe na kvalitetu zavora, tako da se mora izbjeći prekomjerna kontaminacija osnovnog metala. Dodatne prednosti FCAW postupka su:

- visokokvalitetni metal zavora,
- odlična estetika zavora – gladak, jednolik zavar,
- izvrsna kontura vodoravnih kutnih zavora,
- zavarljivost različitih vrsta čelika uz širok raspon poprečnih presjeka metala,
- proces je lako mehanizirati,
- velika količina nataljenog metala – velika gustoća toka energije,
- relativno visok učinak taljenja žice,
- niski troškovi pripreme spoja,
- puno vidljiviji električni lûk zbog dužeg slobodnog kraja žice,
- zahtjeva manje čišćenja prije zavarivanja,
- smanjena mogućnost utjecaja vanjskih faktora na proces zavarivanja,
- upotreba samozaštitnih žica (FCAW-G postupak) isključuje potrebu rukovanja praškom za plinsku zaštitu,
- manja osjetljivost na onečišćivače koji mogu prouzročiti pucanje zavora,
- otpornost na pukotine u zavaru,
- mogućnost korištenja u svim položajima zavarivanja uz odgovarajući dodatni materijal,

- mogućnost postizanja velike brzine zavarivanja (kod automatskog postupka),
- metalurške prednosti zbog praška,
- nije potrebno veliko iskustvo zavarivača,
- proces je primjereniji za materijale većeg poprečnog presjeka i manje je podložan hladnom naljepljivanju,
- strojno kontrolirani proces daje jednoliku kvalitetu zavara i smanjen broj grešaka i
- distorzija je manja pri malom unosu topline i većoj brzini.

## 6.2. Nedostaci FCAW postupka zavarivanja

FCAW postupak stvara veliku količinu para koje nastaju tijekom zavarivanja i njihovo odvođenje koje ne smije utjecati na električni lûk. Ako se postupak koristi u zatvorenom prostoru, potrebno je imati vrlo jak pokretni ventilacijski sustav na samom mjestu zavarivanja. Kod ovog procesa prisutne su nepravilnosti kao i kod ostalih zavarenih spojeva: greške vezivanja, nemetalni uključci troske i pukotine u zavaru. Dodatno, nedostatke čine i:

- rastaljeni kontaktni vrh,
- diskontinuirano dodavanje žice – mehanički problem,
- poroznost zbog plinova, osobito iz praška u jezgri (plinovi koji ne izađu iz zavarenog područja dok se metal ne ohladi ostavljaju pore u zavaru),
- manje je povoljan za primjene naknadnog lakiranja metala, kao kod automobilskih karoserija,
- složena optimizacija FCAW parametara u procesu,
- podešavanje zavarivačkih parametara i odabir tehnike,
- zavarivački problemi i nepravilnosti kao npr. ugorine, naljepljivanje ili greške vezivanja, pretjerano taljenje, nepravilno pripremljen spoj, poroznost, uključci troske,
- postupak nije preporučljiv za materijale debljine stjenke manje od 1,6 mm,
- mala promjena parametara aparata uzrokuje velike promjene električnog lûka, uz to položaj pištolja je ključan jer se mora držati jednoliko, uz određeni nagib da se dobije kvalitetan zavar,
- stvara štrcanje i trosku koji se moraju očistiti prije bojanja ili površinske obrade,
- proces je za sada ograničen na zavarivanje željeznih metala i legura na bazi nikla,

- skuplji po jedinici težine od punih elektroda, osim kod nekih visokolegiranih čelika,
- skuplja oprema od REL-a, iako veća proizvodnost to nadoknađuje,
- dodavač žice i izvor energije moraju biti blizu mjesta zavarivanja,
- plinom štićene žice su osjetljive na vjetar,
- složena oprema i zahtjevnije održavanje i
- stvara više dima i para od MIG/MAG-a ili EPP-a.

Primjena FCAW postupka u budućnosti bi se trebala proširiti na račun REL i MIG/MAG postupaka. Pogodan za automatizaciju za razliku od REL-a, a po brzini zavarivanja nadmašuje oba postupka. Izravna zamjena MIG/MAG postupku koji je neprimjenjiv za terensko zavarivanje na otvorenom prostoru. Njegov udio će se polako povećavati uz smanjenje troškova izrade PPŽ, odnosno smanjenja njihove nabavne cijene. U Japanu i SAD-u udio zastupljenosti FCAW postupka već sada iznosi 25% dok u Europi iznosi oko 10% uz tendenciju porasta. Povećanje zastupljenosti PPŽ bi trebalo napredovati uvođenjem FCAW postupka u automatsko i robotsko zavarivanje. Dvije vrste postupka daju dodatan poticaj u svrhu mogućnosti daljnjeg razvoja, jer sam nije ograničen na određenu, usko specijaliziranu, primjenu. Dodatno, ova vrsta zavarivanja je pogodna za visokokvalitetne čelike čija primjena raste iz dana u dan.

## 7. EKSPERIMENTALNI DIO

U eksperimentalnom dijelu rada potrebno je usporedno ispitati fizikalno-kemijska svojstva epoksi temeljnih radioničkih premaza na bazi vode, epoksi temeljnih radioničkih premaza na bazi otapala i cink silikatnih temeljnih radioničkih premaza te utvrditi njihov utjecaj na kvalitetu navara. Pigment kod oba epoksi radionička premaza je željezni oksid. Navarivanje je potrebno provesti pri dvije različite brzine, postupkom praškom punjenom žicom, a koji se danas najviše primjenjuje za zavarivanje metalnih konstrukcija. Provesti radiografska ispitivanja i korozijska ispitivanja. Kritički se osvrnuti na dobivene rezultate ispitanih shopprimera kad je u pitanju utjecaj na kvalitetu zavarenih spojeva i trajnost zaštite od korozije.

Eksperimentalni dio diplomskog rada sastojao se od označavanja uzoraka, ispitivanja debljine premaza, ispitivanja u slanoj komori, ispitivanja prionjivosti (cross-cut test), navarivanja pri dvije brzine, radiografije, rezanja, brušenja, poliranja i nagrizanja uzoraka za makroizbruske te promatranja pod mikroskopom. Cilj je ispitivanja utvrđivanje utjecaja vrste i debljine shopprimera na tehnološka svojstva, prvenstveno zavarivanje trenutno najčešćim postupkom praškom punjenom žicom. Prema iskustvima iz prakse i navodima iz dostupne literature, očekivana su kvalitetnija svojstva cink silikatnog shopprimera u odnosu na oba epoksi shopprimera (na bazi vode i otapala) [14, 15, 16, 17, 18]

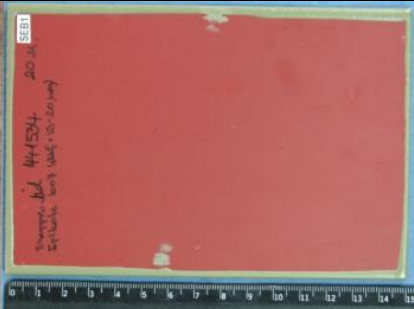




Prije početka ispitivanja svi su uzorci označeni naljepnicom s gornje (ispitne) strane te flomasterom s donje strane uzorka. Nakon toga je svaki uzorak fotografiran prije nego se oštete u procesu ispitivanja. Pregled uzoraka prikazan je tablicama 4., 5. i 6.

Norma iz područja pripreme uzoraka za ispitivanje boja i lakova je HRN EN ISO 1513: 2011 – Boje i lakovi – Ispitivanje i priprema ispitnih uzoraka [21].

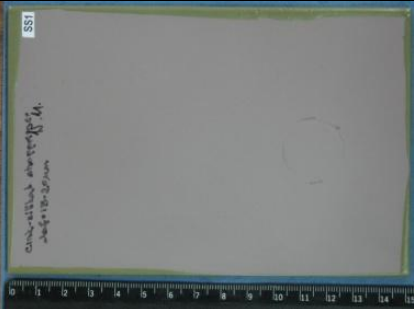
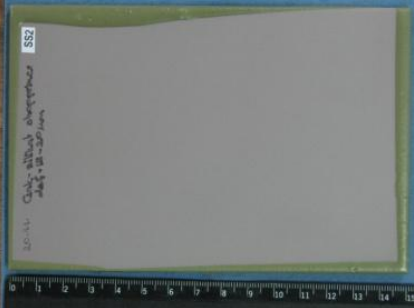




**Tablica 4. Uzorci s epoksidnim premazom na bazi vode prije ispitivanja [20]**

Oznaka	Dimenzije [mm]	Vrsta premaza	Nazivna debljina premaza [ $\mu\text{m}$ ]	Fotografije uzoraka prije ispitivanja
SEA1	150x100x3	Epoksidni na bazi vode	25 – 30	
SEA2	150x100x3	Epoksidni na bazi vode	30 – 40	
SEA3	150x100x3	Epoksidni na bazi vode	35 – 45	
SEA4	150x100x3	Epoksidni na bazi vode	35 – 45	
LEA1	350x150x10	Epoksidni na bazi vode	15 – 25	
LEA2	350x150x10	Epoksidni na bazi vode	30 – 50	

**Tablica 5. Uzorci s epoksidnim premazom na bazi otapala prije ispitivanja [20]**

SEB1	150x100x3	Epoksidni na bazi otapala	15 – 20	
SEB2	150x100x3	Epoksidni na bazi otapala	15 – 20	
SEB3	150x100x3	Epoksidni na bazi otapala	15 – 25	
SEB4	150x100x3	Epoksidni na bazi otapala	15 – 25	
LEB	350x150x10	Epoksidni na bazi otapala	15 – 25	

**Tablica 6. Uzorci s cink silikatnim premazom prije ispitivanja [20]**

SS1	150x100x3	Cink silikatni	15 – 20	
SS2	150x100x3	Cink silikatni	15 – 20	
SS3	150x100x3	Cink silikatni	15 – 25	
SS4	150x100x3	Cink silikatni	15 – 25	
LS1	350x150x10	Cink silikatni	15 – 25	
LS2	350x150x10	Cink silikatni	35 – 45	



### 7.1. Mjerenje debljine premaza

Mjerenje debljine [Slika 14.] provedeno je u Laboratoriju za zaštitu materijala Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, uređajem Elcometer 456 s trideset mjernih točaka na svakom uzorku, uz nadzor i pomoć djelatnika Laboratorija. Detaljni rezultati mjerenja nalaze se u prilogu na kraju rada, a osnovni rezultati navedeni su u tablici 7.



Slika 14. Mjerenje debljine premaza [20]

Tablica 7. Osnovni rezultati mjerenja debljine premaza [ $\mu\text{m}$ ]

Vrsta premaza	Oznaka	Min <sub>spec</sub>	Max <sub>spec</sub>	Min <sub>mjer</sub>	Max <sub>mjer</sub>	Srednja
Epoksi premaz na bazi vode	SEA1	25	30	36,5	44,9	39,97
	SEA2	30	40	24,6	48,7	37,99
	SEA3	35	45	40,5	56,1	48,87
	SEA4	35	45	47,9	62,0	53,63
	LEA1	15	25	24,2	43,6	32,37
	LEA2	30	50	34,8	59,2	47,58
Epoksi premaz na bazi otapala	SEB1	15	20	20,7	38,2	27,02
	SEB2	15	20	23,0	37,3	27,07
	SEB3	15	25	25,1	45,5	31,07
	SEB4	15	25	18,2	30,1	26,02
	LEB	15	25	7,2	46,5	19,68
Cink silikatni premaz	SS1	15	20	18,2	31,0	23,22
	SS2	15	20	21,8	30,0	25,20
	SS3	15	25	21,1	28,6	24,20
	SS4	15	25	24,0	29,5	27,05
	LS1	15	25	16,1	33,6	24,68
	LS2	35	45	29,5	45,8	39,00

Mjerenje je pokriveno normama:

- HRN EN ISO 2808: 2008 Boje i lakovi – Određivanje debljine filma i
- HRN ISO 19840: 2013 Boje i lakovi – Zaštita čeličnih konstrukcija od korozije sustavima zaštitne boje – Mjerenje i kriterij prihvaćanja debljine suhih filmova na hrapavim površinama [22, 23].

## 7.2. Navarivanje uzoraka

Nakon mjerenja debljine temeljnog radioničkog premaza, manji uzorci grupirani su u parove prema debljini premaza i pripremljeni za navarivanje u Laboratoriju za zavarivanje FSB-a. Dogovoreno je da će se kod manjih uzoraka navarivati s dvije brzine na po jednom uzorku iz svakog para, dok će drugi uzorak s istom vrstom i debljinom premaza ostati neoštećen navarivanjem kako bi se mogli uspoređivati tijekom i nakon korozijskih ispitivanja.

Manji uzorci grupirani su u sljedeće parove prema debljini premaza: SEA1 i SEA2; SEA3 i SEA4; SEB1 i SEB4; SEB2 i SEB3; SS1 i SS3 te SS2 i SS4. Većih uzoraka je samo pet, a kao i manji zaštićeni su s tri vrste shopprimera različitih debljina te je planirano navarivanje s dvije brzine na svakom uzorku postupkom MAG praškom punjenom žicom (FCAW – eng. Flux Cored Arc Welding), danas najviše primjenjivim postupkom zavarivanja metalnih konstrukcija.

Navarivanje uzoraka provedeno je u Laboratoriju za zavarivanje Zavoda za zavarene konstrukcije Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu. S "uhodavanjem" parametara i ucrtavanjem linija navarivanja na uzorke, navarivanje je trajalo približno tri sata uz korištenje automata za zavarivanje BUG-O 5300 prema podacima navedenim u tablici 8.

**Tablica 8. Podaci o navarivanju**

uređaj za zavarivanje	ESAB ARISTO 500
automat za dodavanje žice	ESAB A10-MED44
automat za zavarivanje	BUG-O SYSTEMS BUG-5300
vrsta i protok plina	100 % CO <sub>2</sub> ; 10 l/min; MESSER
dodatni materijal – PPŽ	HYUNDAI Supercored 71 rutilna; Ø1,2 mm
slobodni kraj žice	13 mm
tehnika navarivanja	neutralna, 90°
polaritet	DC+

Parametri navarivanja prilagođavaju se u samom laboratoriju nakon što se isprobaju na nekoliko "slijepih" uzoraka bez premaza, a navedeni su u tablici 9.

**Tablica 9. Parametri navarivanja**

Oznaka	Debljina ploče [mm]	Parametri			
		Brzina zavarivanja, $v_z$ [cm/min]	Jakost struje, I [A]	Napon, U [V]	Brzina dobave žice, $v_z$ [m/min]
1A (LEA 1)	10	30	180	28	9
1B (LEA 1)	10	20	180	28	9
2A (LEA 2)	10	30	180	28	9
2B (LEA 2)	10	20	180	28	9
3A (LS1)	10	30	180	28	9
3B (LS1)	10	20	180	28	9
4A (LS2)	10	30	180	28	9
4B (LS2)	10	20	180	28	9
5A (LEB)	10	30	180	28	9
5B (LEB)	10	20	180	28	9
6A (čista ploča)	10	30	180	28	9
6B (čista ploča)	10	20	180	28	9
7A (SEA1)	3	30	145	27	7
7B (SEA1)	3	20	145	27	7
8A (SEA3)	3	30	145	27	7
8B (SEA3)	3	20	145	27	7
9A (SEB1)	3	30	145	27	7
9B (SEB1)	3	20	145	27	7
10A (SEB2)	3	30	145	27	7
10B (SEB2)	3	20	145	27	7
11A (SS1)	3	30	145	27	7
11B (SS1)	3	20	145	27	7
12A (SS2)	3	30	145	27	7
12B (SS2)	3	20	145	27	7
13A (čista ploča)	3	30	145	27	7
13B (čista ploča)	3	20	145	27	7

Navarivanje su proveli iskusni laboranti Laboratorija za zavarivanje. Primijećen je neuobičajen neugodan miris para uslijed navarivanja preko ispitivanih premaza. Premaz je električno izolirao uzorke te ih je bilo potrebno djelomično brusiti sa stražnje strane kako bi se uopće moglo pristupiti navarivanju (nije bilo "mase"). Čak je i uz to svako paljenje lûka bilo otežano zbog premaza. Na mjestu paljenja el. lûka i u njegovoj blizini očekivane su greške i nepravilnosti. Kao dodatni materijal korištena je najtanja praškom punjena žica koja je u Laboratoriju bila na raspolaganju u vrijeme ispitivanja, promjera Ø1,2 mm. To je bio ograničavajući faktor zbog dosta visokih potrebnih parametara navarivanja da bi električni lûk bio stabilan. Kod uzoraka debljine 10 mm to nije bio problem jer bi ionako bili potrebni približno takvi parametri, ali kod uzoraka debljine 3 mm je. Naime, kod njih se javljalo pregaranje na stražnju stranu uzorka zbog prevelikog unosa energije. U nekoliko slučajeva se pojavio i plamen, a uz to i stvarala čađa. Stanje uzoraka nakon navarivanja opisano je tablicama 10., 11., 12. i 13.

Tablica 10. Stanje uzoraka s epoksi premazom na bazi vode nakon navarivanja

Oznaka	Brzina navar. $v_z$ [cm/min]	Dimenzije ploče [mm]	Vrsta premaza	$\bar{x}$ dsf [μm] $x_{min}$ - $x_{max}$	Širina pregaranja [mm]	Broj kapljica (prskanje)	Mjehuranje premaza u ZUT	Broj površinskih pora i dimenzije najveće [mm]	Pogreške vidljive na radiogramu, poroznost, pukotine
SEA1 7A	30	150x100x3	Epoksidni na bazi vode	40 36-45	45	1	stražnja strana sitni	1 22x2x2	unutrašnje pore i pukotine oko mjesta paljenja el. lûka, površinski vidljiva pora veće duljine
SEA1 7B	20	150x100x3	Epoksidni na bazi vode	40 36-45	60	-	stražnja strana nešto krupniji	2 1x1x1	unutrašnja pora na mjestu paljenja lûka i dvije manje vanjske pore, ostatak navara uredan
SEA3 8A	30	150x100x3	Epoksidni na bazi vode	49 40-56	45	3	stražnja	>10 5x3x1	vrlo neuredan i nekvalitetan navar, velik broj pora i pukotina
SEA3 8B	20	150x100x3	Epoksidni na bazi vode	49 40-56	70	-	stražnja vrlo izražena	1 7x2x1	neujednačen navar, veća dužina pora u unutrašnjosti, kritično mjesto paljenja lûka i završetka navara
LEA1 1A	30	350x150x10	Epoksidni na bazi vode	32 24-44	20	> 10	sitni stražnja strana	9 12x4x1	vidljivo prskanje i površinske pore
LEA1 1B	20	350x150x10	Epoksidni na bazi vode	32 24-44	50	-	krupni stražnja strana	1 11x3x1	vidljiva površinska pora, ostatak navara uredan, bez grešaka i oštećenja
LEA2 2A	30	350x150x10	Epoksidni na bazi vode	48 35-59	20	> 10	sitni stražnja strana	14 16x3x1	vidljive površinske pore nema vidljivih unutrašnjih, neuredan navar
LEA2 2B	20	350x150x10	Epoksidni na bazi vode	48 35-59	30	-	sitni stražnja strana	2 12x2x1	vidljive samo površinske pore, ostatak navara vrlo uredan i ravnomjeran

Tablica 11. Stanje uzoraka s epoksi premazom na bazi otapala nakon navarivanja

Oznaka	Brzina navar. $v_z$ [cm/min]	Dimenzije ploče [mm]	Vrsta premaza	$\bar{x}$ dsf [μm] $x_{min}$ - $x_{max}$	Širina pregaranja [mm]	Broj kapljica (prskanje)	Mjehuranje premaza u ZUT	Broj površinskih pora i dimenzije najveće [mm]	Pogreške vidljive na radiogramu, poroznost, pukotine
SEB1 9A	30	150x100x3	Epoksidni na bazi otapala	27 20-38	40	-	stražnja sitni ujednačeni, prednja	1 2x1x1	veća unutrašnja pora na mjestu paljenja lûka i jedna površinska pri kraju navara, ostatak navara je uredan
SEB1 9B	20	150x100x3	Epoksidni na bazi otapala	27 20-38	70	-	izražena s obje strane	3 3x3x1	površinska pora u blizini mjesta paljenja lûka proteže se ispod površine 5 mm, ostatak navara površinske pore
SEB2 10A	30	150x100x3	Epoksidni na bazi otapala	27 23-37	40	2	stražnja sitni ravnomjerni prednja izraženo	2 1x1x1	unutrašnje pukotine u više smjerova u blizini mjesta paljenja lûka, veća kapljica na jednom mjestu, ostatak navara uredan
SEB2 10B	20	150x100x3	Epoksidni na bazi otapala	27 23-37	70	-	izražena s obje strane	-	pregaranje i curenje taline s druge strane ploče na mjestu paljenja lûka, ostatak navara vrlo uredan
LEB 5A	30	350x150x10	Epoksidni na bazi otapala	20 7-47	25	-	sitna kod paljenja lûka, mnogobrojni stražnja	-	vrlo čist, ujednačen, sjajan i kvalitetan navar bez vanjskih i unutrašnjih oštećenja i grešaka, vizualno najbolje navarena ploča
LEB 5B	20	350x150x10	Epoksidni na bazi otapala	20 7-47	50	-	vrlo sitna stražnja strana	2 1x1x1	vrlo čist, ujednačen, sjajan i kvalitetan navar s vrlo malo vanjskih i bez unutrašnjih oštećenja i grešaka, vizualno najbolje navarena ploča

Tablica 12. Stanje uzoraka s cink silikatnim premazom nakon navarivanja

Oznaka	Brzina navar. $v_z$ [cm/min]	Dimenzije ploče [mm]	Vrsta premaza	$\bar{x}$ dsf [μm] $x_{min}$ - $x_{max}$	Širina pregaranja [mm]	Broj kapljica (prskanje)	Mjehuranje premaza u ZUT	Broj površinskih pora i dimenzije najveće [mm]	Pogreške vidljive na radiogramu, poroznost, pukotine
SS1 11A	30	150x100x3	Cink silikatni	23 18-31	40	2	stražnja strana	1 3x2x1	nekoliko pora u unutrašnjosti navara, najveća je duljine 5 mm poprijeko na navar
SS1 11B	20	150x100x3	Cink silikatni	23 18-31	65	-	stražnja strana izraženo	1 2x1x1	izrazito pregaranje i curenje taline, pora na mjestu paljenja lûka, ostatak navara vrlo uredan
SS2 12A	30	150x100x3	Cink silikatni	25 21-30	35	-	stražnja strana vrlo malo	1 duljinom navara 34x3x2	duga površinska pora sredinom navara, unutrašnjost čista, bez nepravilnosti
SS2 12B	20	150x100x3	Cink silikatni	25 21-30	60	-	stražnja strana	1 duljinom navara 35x2x3	duga površinska pora sredinom navara, unutrašnjost čista, bez nepravilnosti
LS1 3A	30	350x150x10	Cink silikatni	25 16-34	25	> 10	-	2 10x3x2	vidljive kapljice prskanja i dvije površinske pore, ostatak navara uredan
LS1 3B	20	350x150x10	Cink silikatni	25 16-34	40	-	-	1 8x2x1	vidljiva površinska pora, ostatak navara uredan i ravnomjeran
LS2 4A	30	350x150x10	Cink silikatni	39 29-46	20	> 10	-	1 2x1x1	vidljive kapljice prskanja taline, osim toga navar vrlo uredan, jednolik, bez vidljivih pora i pukotina
LS2 4B	20	350x150x10	Cink silikatni	39 29-46	30	-	-	1 1x1x1	navar vrlo uredan, jednolik, bez vidljivih pora i pukotina

Tablica 13. Stanje uzoraka bez premaza nakon navarivanja

Oznaka	Brzina navar. $v_z$ [cm/min]	Dimenzije ploče [mm]	Vrsta premaza	$\bar{x}$ dsf [ $\mu\text{m}$ ] $x_{\min}$ – $x_{\max}$	Širina pregaranja [mm]	Broj kapljica (prskanje)	Mjehuranje premaza u ZUT	Broj površinskih pora i dimenzije najveće [mm]	Pogreške vidljive na radiogramu, poroznost, pukotine
0 6A	30	250x170x10	-	-	20	>10 izraženo	-	-	kapljice i prskanje, osim toga navar uredan i bez unutrašnjih grešaka
0 6B	20	250x170x10	-	-	35	>10 izraženo	-	-	kapljice i prskanje, osim toga navar uredan i bez unutrašnjih grešaka, vrlo ujednačen
0 13A	30	210x65x3	-	-	65	> 10	-	-	nekoliko manjih pora na mjestu paljenja lûka, ostatak navara ponešto nepravilnog oblika, ali bez pora i pukotina
0 13B	20	210x65x3	-	-	65	> 10	-	-	vrlo uredan i ravnomjeran navar uz sitno prskanje, ali bez pora i pukotina



Neki od detalja postupka navarivanja prikazani su u tablici 14.

**Tablica 14. Postupak navarivanja [20]**

	
<p>Laboranti zavarivači pripremaju uređaje</p>	<p>Upravljački dio automata za zavarivanje</p>
	
<p>Brušenje stražnjeg premaza radi kontakta</p>	<p>Proces navarivanja</p>
	
<p>Čišćenje navara</p>	<p>Mjerenje temperature ploče</p>

Karakteristični detalji grešaka prikazani su u tablici 15.

**Tablica 15. Greške nakon navarivanja utvrđene vizualnim pregledom [20]**

	
<p>Uzorak (6) bez premaza mjesto paljenja lûka i prskanje kapljica</p>	<p>Uzorak LEB - epoksi premaz na bazi otapala mjehuranje premaza sa stražnje strane</p>
	
<p>Uzorak LEA2, epoksi premaz na bazi vode kapljice taline, površinske pore</p>	<p>Uzorak LS2 - cink silikatni premaz uredan navar</p>
	
<p>Uzorak LEA1 - epoksi premaz na bazi vode ljuštenje, mjehuranje uslijed utjecaja topline</p>	<p>Uzorak SS1, 3 mm, cink silikatni premaz - loše stanje stražnje strane uzorka i curenje taline zbog prevelikog unosa topline</p>



### 7.3. Radiografsko snimanje nakon navarivanja

Nakon završenog navarivanja, navareni uzorci prebačeni su u Laboratorij za nerazorna ispitivanja FSB gdje su uz nadzor i pomoć djelatnika Laboratorija snimljeni radiografijom s ciljem otkrivanja poroznosti u navaru, odnosno utjecaja vrste i debljine shopprimera na pojavu poroznosti u navaru. Snimanje [Slika 15.] je provedeno uz parametre navedene u tablicama 16. i 17.

Korišteni su višekratni filmovi za digitalno skeniranje i izradu radiograma. Uzorci su snimani u parovima. Za manje je korišten veći broj manjih formata filmova dok je za veće korišten jedini dostupan veći film (zbog visoke cijene). To je malo usporilo postupak snimanja jer se nakon svakog ozračivanja filma moralo otići do ureda skenirati film i ponovno vraćati do laboratorija za izradu sljedeće snimke.



Slika 15. Radiografsko snimanje (rendgen) [20]

**Tablica 16. Uvjeti snimanja za uzorke debljine 3 mm**

trajanje ekspozicije	1:45 minuta (105 s)
napon	125 kV
struja	4 mA
FF (udaljenost od ploče)	700 mm


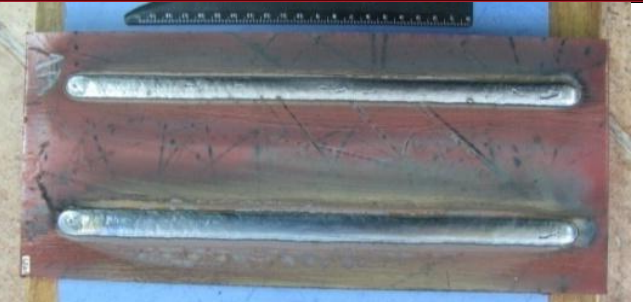
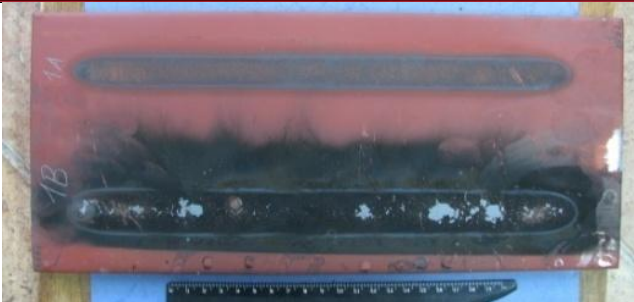

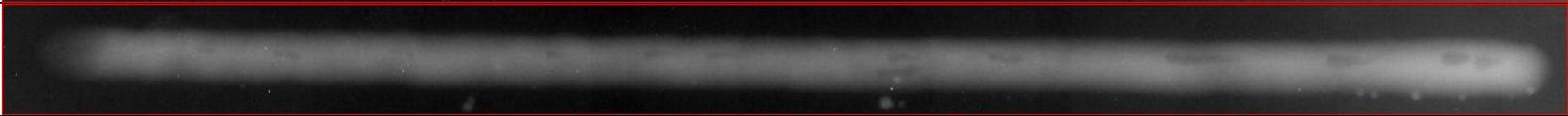
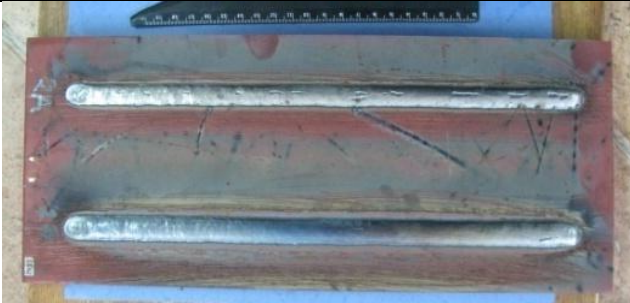


**Tablica 17. Uvjeti snimanja za uzorke debljine 10 mm**

trajanje ekspozicije	3:00 minute (180 s)
napon	150 kV
struja	4 mA
FF (udaljenost od ploče)	700 mm

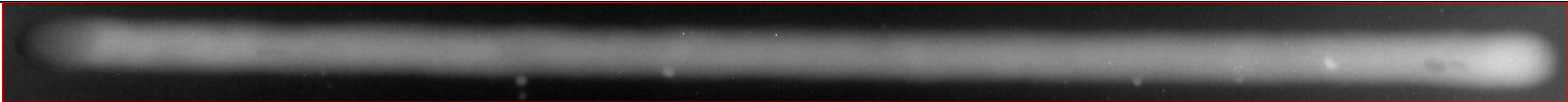

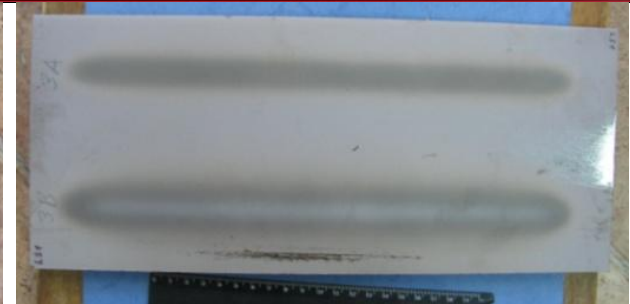

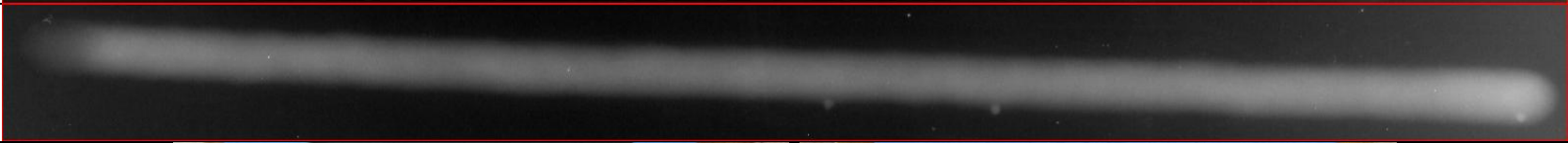


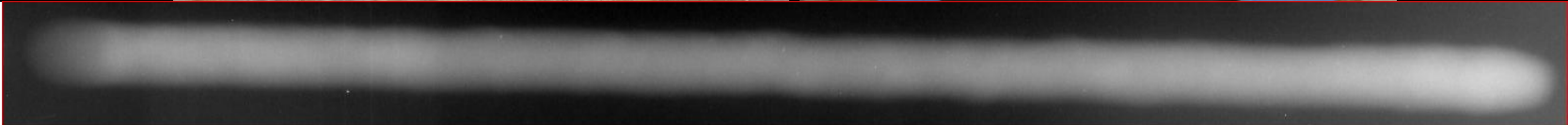
Radiogrami su skenirani na uređaju tvrtke VMI, a za pregled i analizu radiograma korišten je softver Starview istog proizvođača, tvrtke Starlight.

Nakon radiografskog ispitivanja uzorci su analizirani mjerenjem širine pregaranja sa stražnje strane ploče, brojem kapljica prskanja taline, mjehuranja premaza (najčešće u ZUT-u), broju i veličini vidljivih površinskih pora te analizom radiograma na računalu s ciljem utvrđivanja unutrašnjih nepravilnosti u navaru (pore, pukotine i sl.). Rezultati su navedeni u tablicama 18-28. Takvoj se analizi pristupilo kako bi se dodatnim parametrima mogla procijeniti kvaliteta premaza ovisno o vrsti premaza, debljini sloja premaza, debljini ploče i brzini navarivanja.

Tablica 18. Uzorci debljine 10 mm s epoksi premazom na bazi vode nakon navarivanja i pripadajući radiogrami [20]

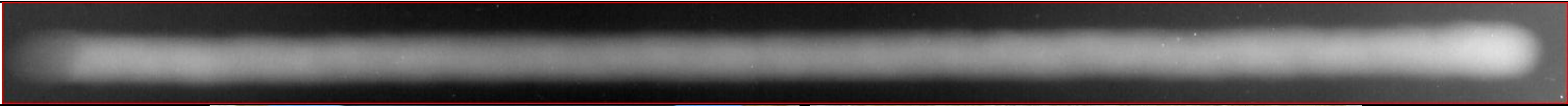

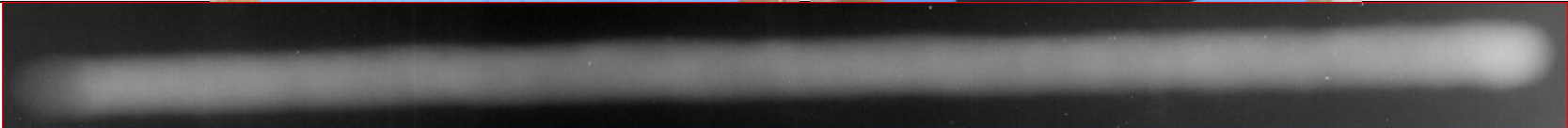
LEA1	1A		
			
	1B		
LEA2	2A		
			
	2B		

**Tablica 19.** Uzorci debljine 10 mm s cink silikatnim premazom nakon navarivanja i pripadajući radiogrami [20]

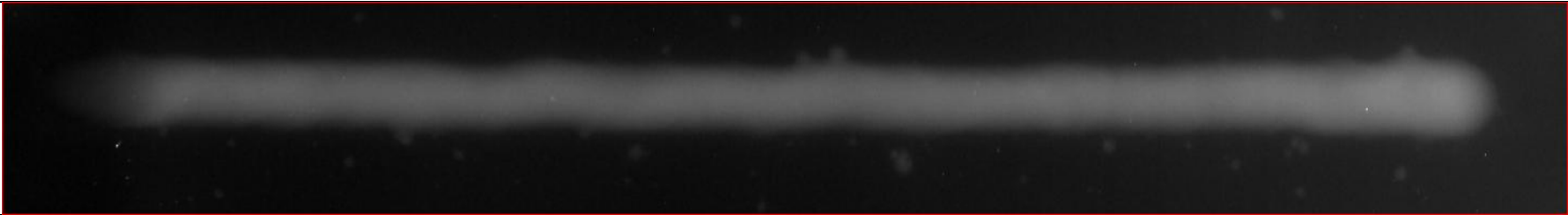
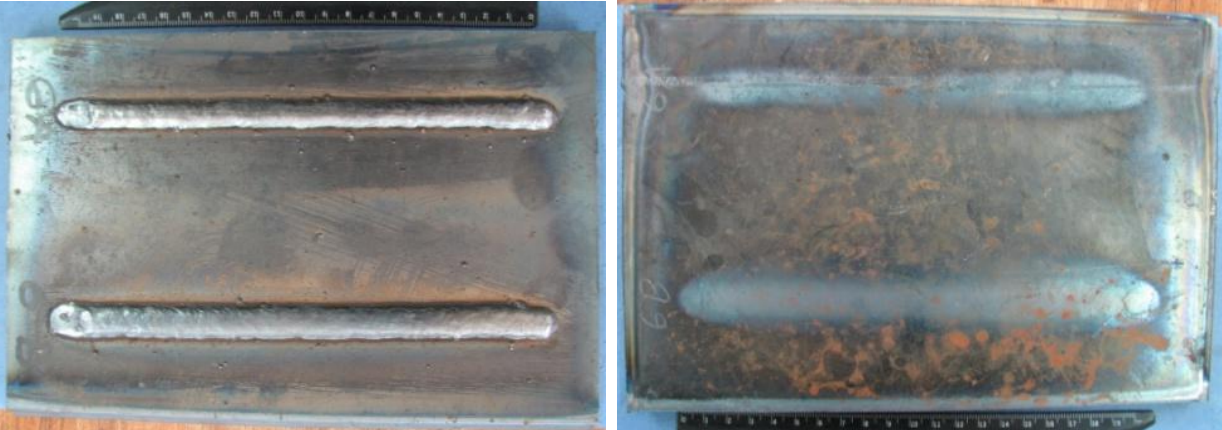
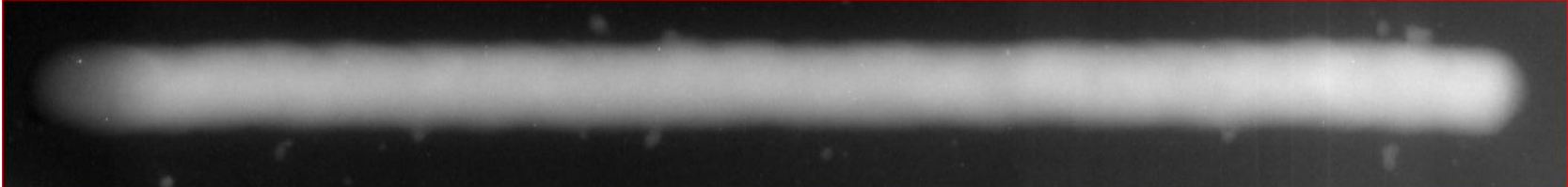
LS1	3A		
			
	3B		
LS2	4A		
			
	4B		



**Tablica 20.     Uzorak debljine 10 mm s epoksi premazom na bazi otapala nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20]**


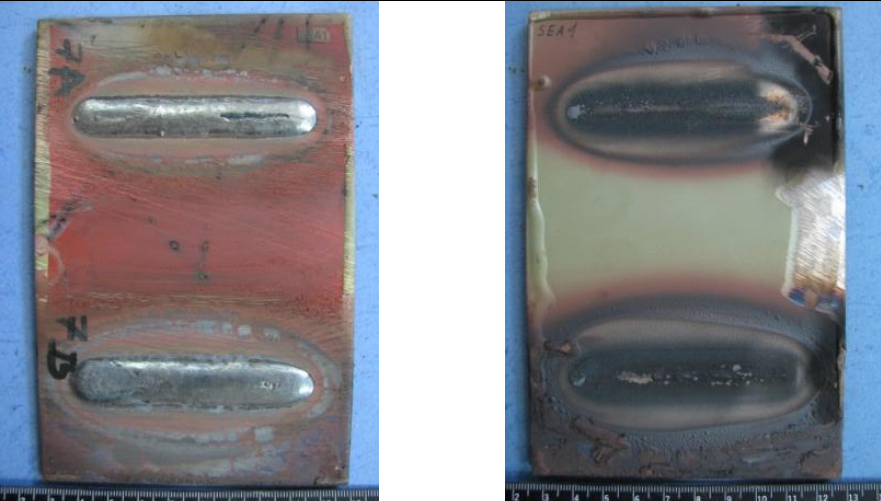
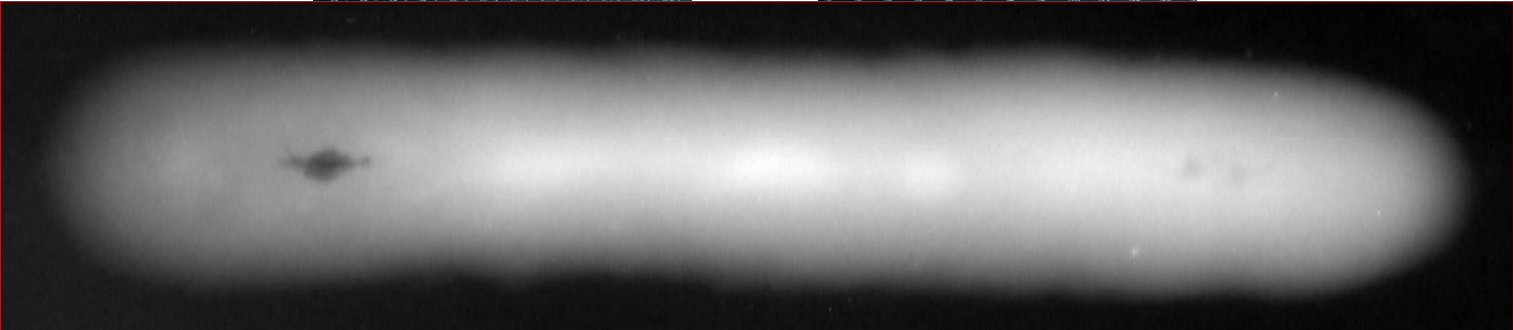
LEB	5A	
		
	5B	

**Tablica 21.   Uzorak debljine 10 mm bez premaza nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20]**

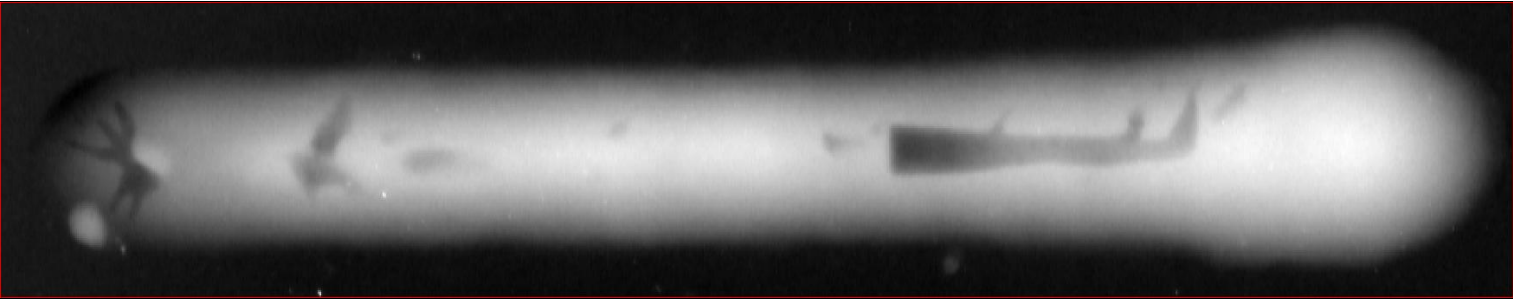
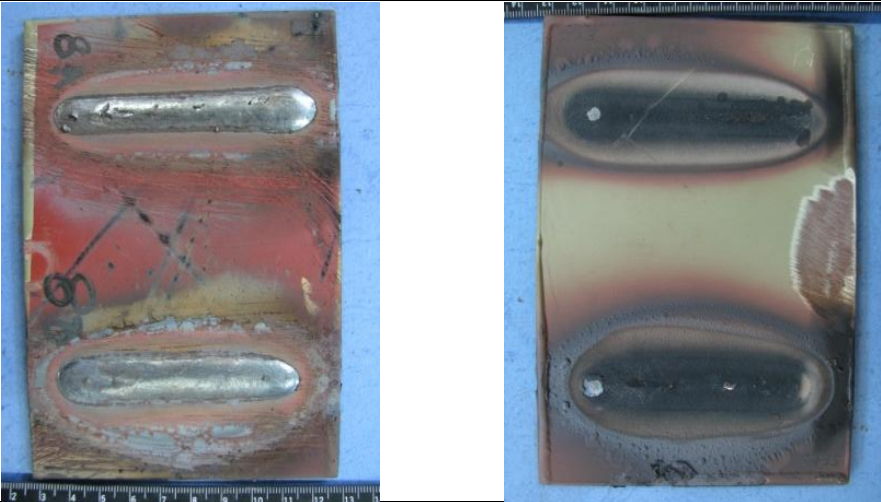
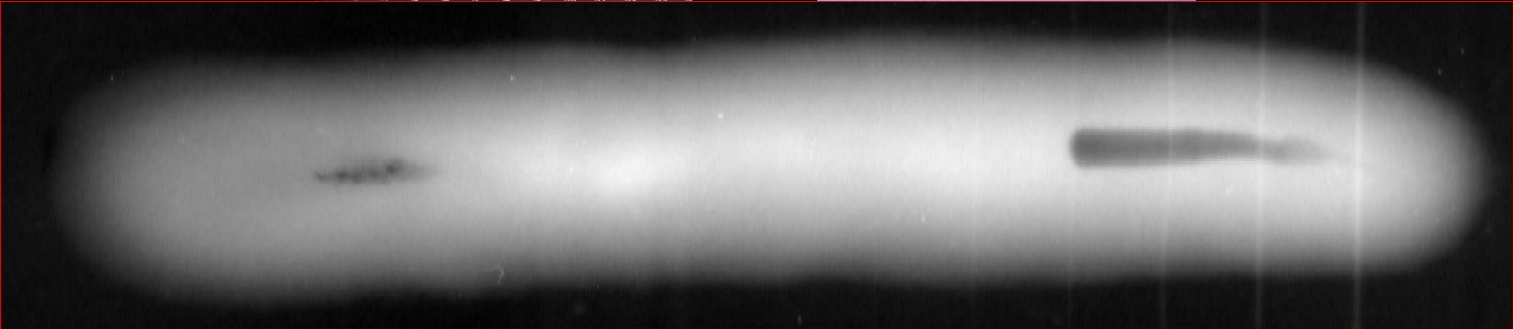
	6A	
		
	6B	



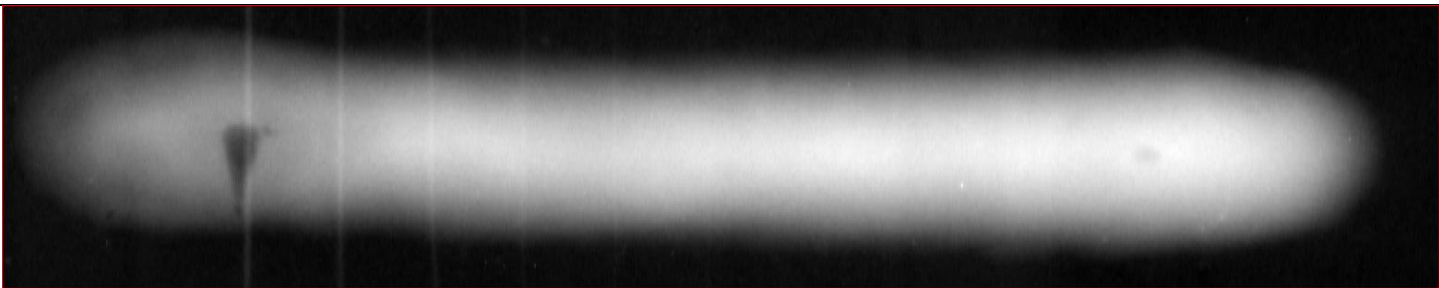


**Tablica 22.     Uzorak debljine 3 mm s epoksi premazom na bazi vode nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20]**

SEA1	7A			
				
	7B			

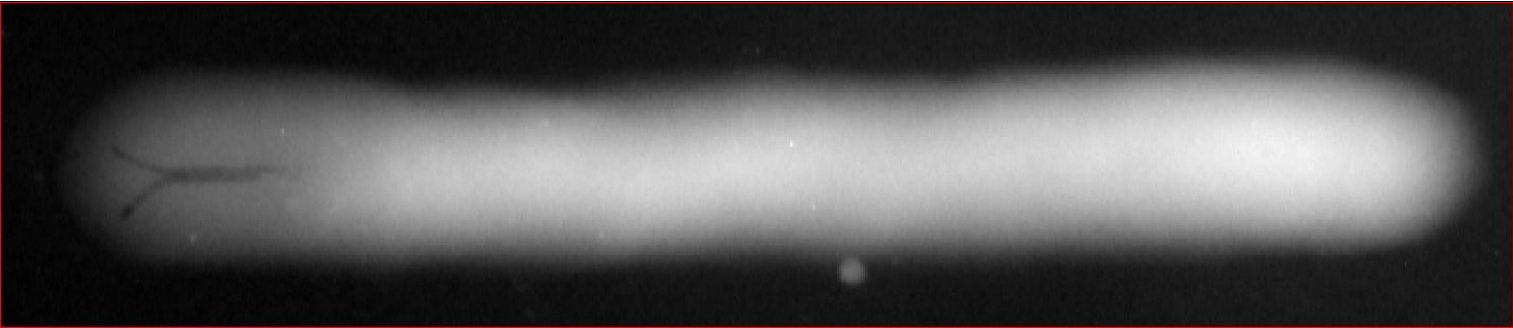

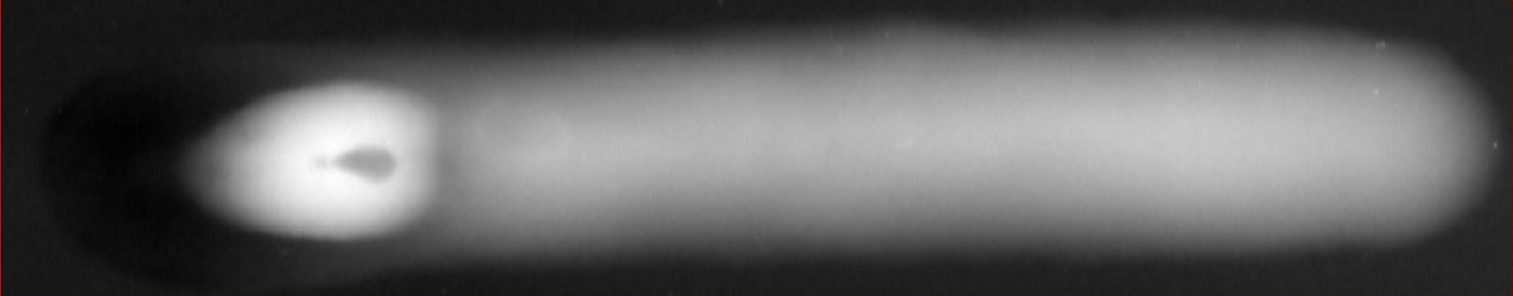
**Tablica 23.** Uzorak debljine 3 mm s epoksi premazom na bazi vode nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20]

SEA3	8A			
				
	8B			

**Tablica 24.** Uzorak debljine 3 mm s epoksi premazom na bazi otapala nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20]

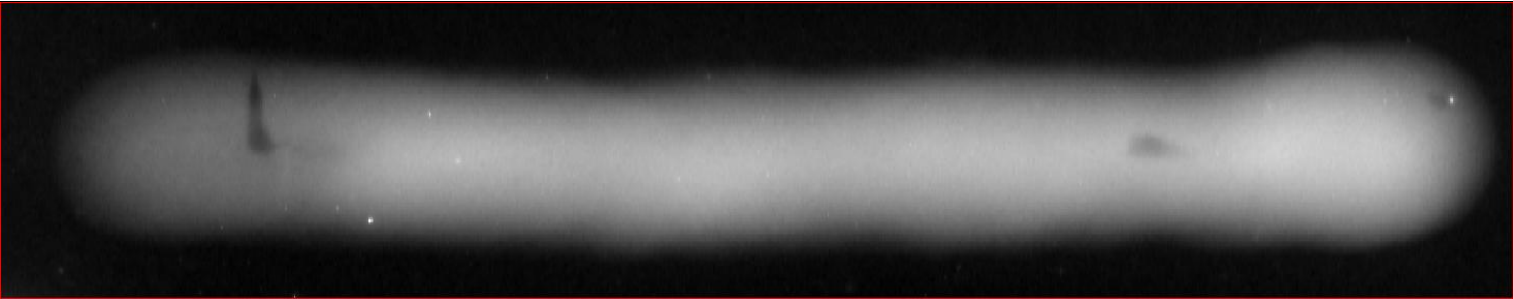
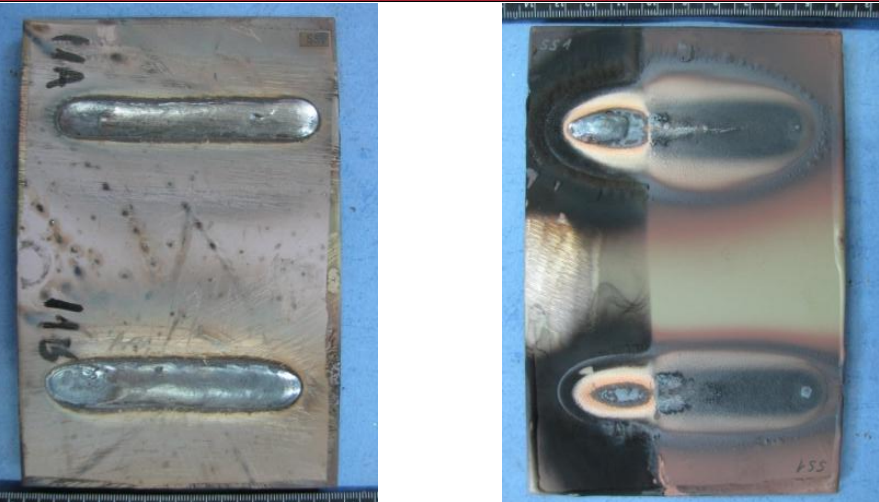

SEB1	9A			
				
	9B			

**Tablica 25.** Uzorak debljine 3 mm s epoksi premazom na bazi otapala nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20]

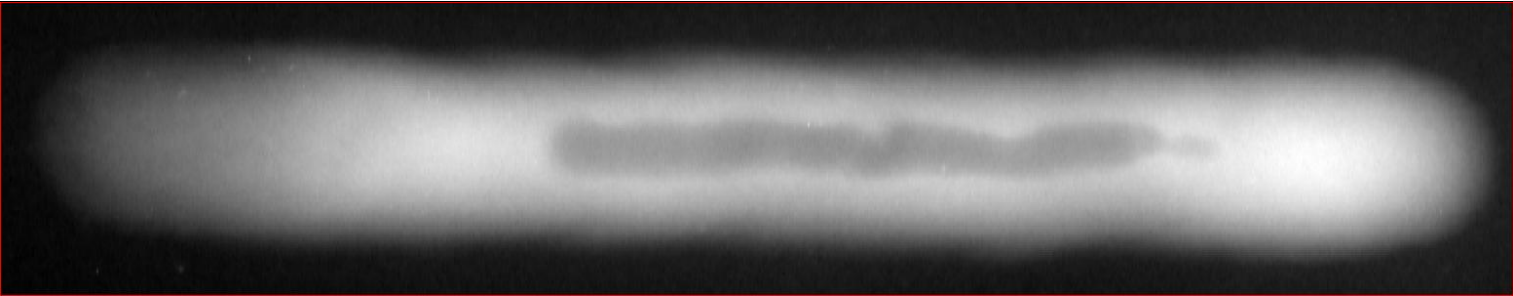

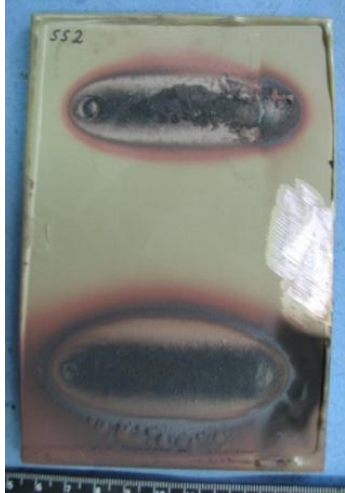

SEB2	10A			
				
	10B			



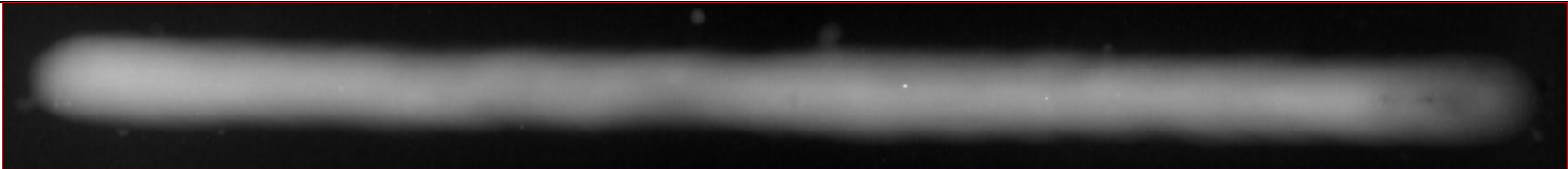
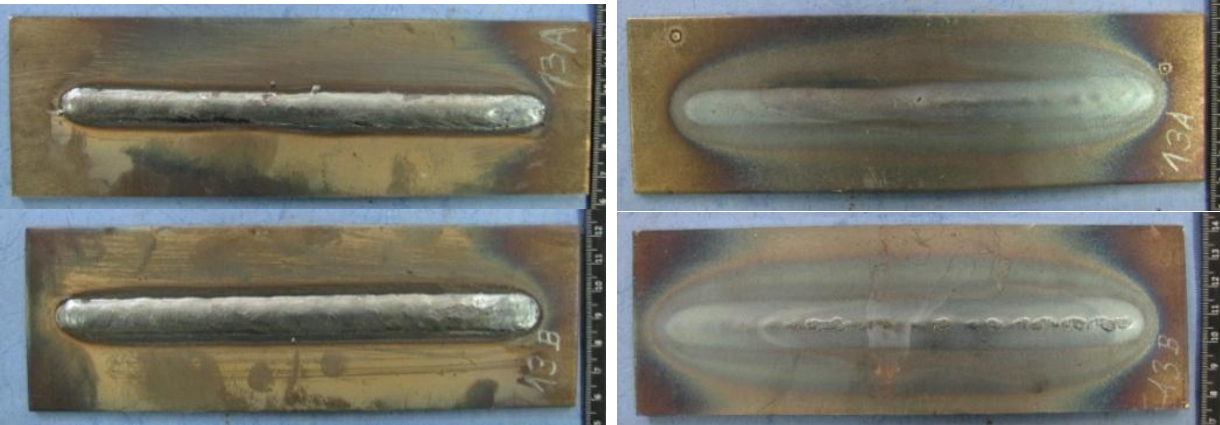
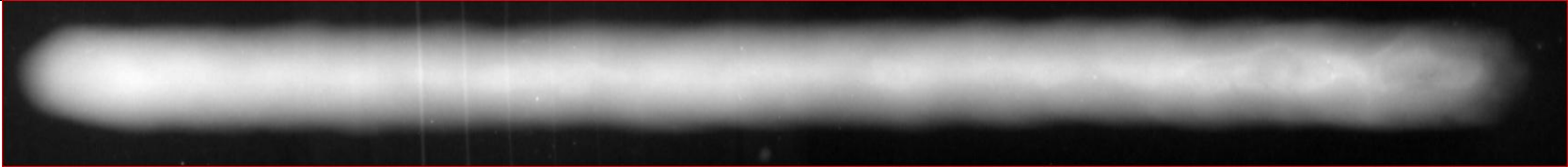
**Tablica 26.**    **Uzorak debljine 3 mm s cink silikatnim premazom nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20]**

SS1	11A			
				
	11B			

**Tablica 27.** Uzorak debljine 3 mm s cink silikatnim premazom nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20]

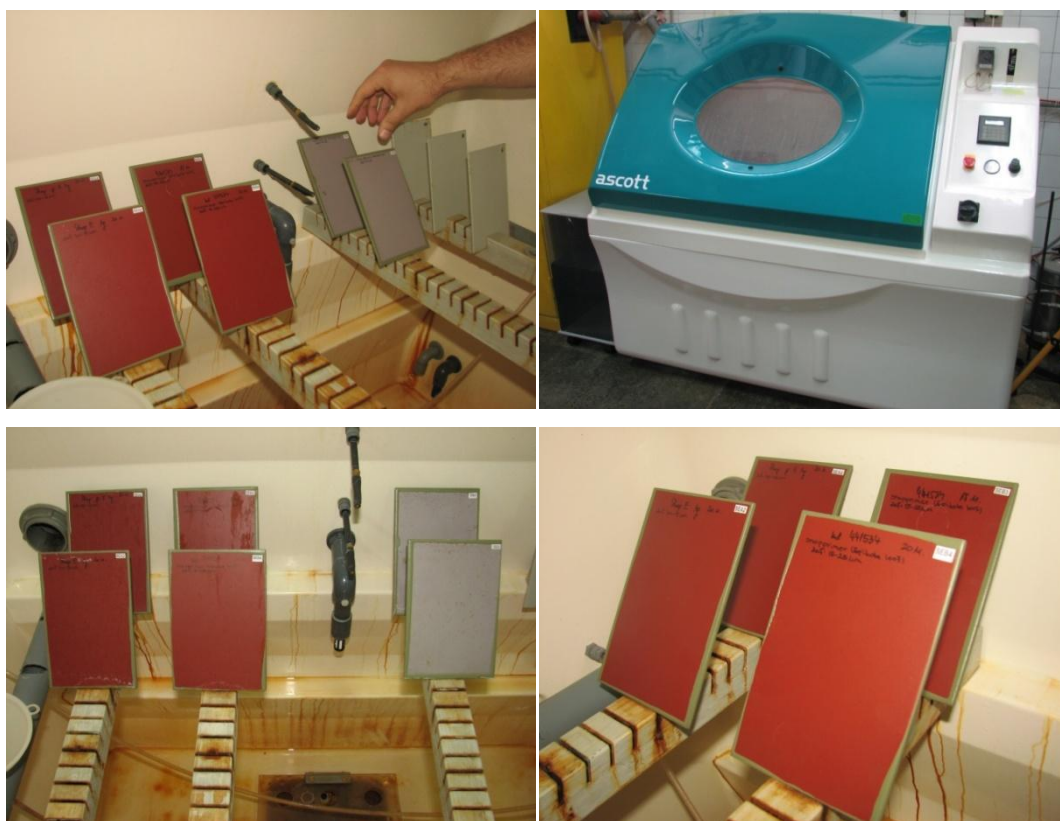
SS2	12A			
				
	12B			

**Tablica 28.** Uzorak debljine 3 mm bez premaza nakon navarivanja i pripadajući radiogram [20]

	13A		
			
	13B		

#### 7.4. Ispitivanje u slanoj komori

Ispitivanje korozijske postojanosti privremenih radioničkih premaza u slanoj komori provedeno je u Laboratoriju za zaštitu materijala, Katedre za zaštitu materijala, Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu [Slika 16.], sukladno normi HRN EN ISO 9227. Za ispitivanje je korištena 5%-tna vodena otopina NaCl-a, a temperatura u slanoj komori iznosila je 35 °C. Ispitivanje je provedeno u trajanju od 72h (3 dana) u komori Ascott, model S450. U svrhu ispitivanja korišteni su uzorci na kojima nije proveden postupak navarivanja. Ispitivanje u trajanju od 72 sata izvršeno je od 12:00 sati, 17.5.2013. do 12:00 sati, 20.5.2013. Ispitivanje je provedeno na ukupno šest uzoraka, po dva za svaku od tri vrste shopprimera, ali uz odabrane različite debljine premaza.



Slika 16. Ispitivanje u slanoj komori [20]

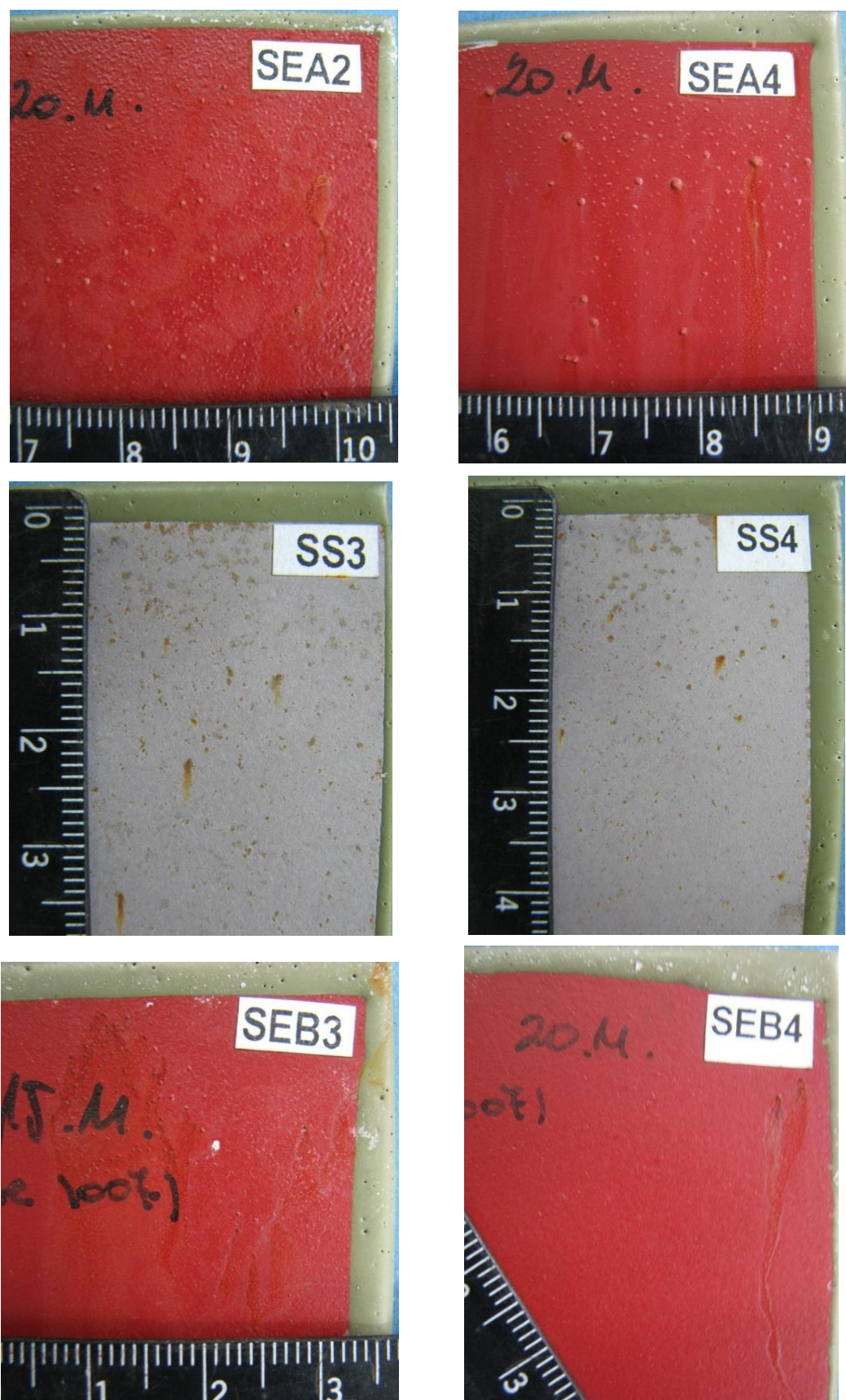


Osnovne karakteristike korozijskog ispitivanja u slanoj komori navedene su u tablici 29.

**Tablica 29. Osnovne karakteristike korozijskog ispitivanja u slanoj komori**







Provedba ispitivanja u slanoj komori	
Parametri slane komore	
Proizvođač	Ascott
Model	S450
Temperatura ispitnog prostora	$35 \pm 2$ °C
Tlak raspršivanja	0,7 bar
Otopina	5 % NaCl
Vrijeme ispitivanja	72 sata
Norma ispitivanja	HRN EN ISO 9227

Nakon ispitivanja u slanoj komori uzorci su detaljno vizualno pregledani i tim su ispitivanjem utvrđeni početni procesi hrđanja i mjehuranja na svim uzorcima, a uvećani detalji prikazani su slikom 17.



Slika 17. Soli, mjehuranje i hrđanje na uzorcima nakon slane komore [20]

**Tablica 30. Uzorci debljine 3 mm nakon 72h u slanoj komori [20]**

Epoksidni na bazi vode		
	DSF=38 $\mu\text{m}$	DSF=53 $\mu\text{m}$
Epoksidni na bazi otapala		
	DSF=31 $\mu\text{m}$	DSF=26 $\mu\text{m}$
Cink silikatni		
	DSF=24 $\mu\text{m}$	DSF=27 $\mu\text{m}$

Tablicom 30. prikazano je stanje uzoraka debljine 3 mm nakon provedenog ispitivanja u slanoj komori. Nakon završetka ispitivanja u slanoj komori u Laboratoriju za zaštitu materijala FSB provedena je ocjena propadanja premaza sukladna normama:

ISO 4628-2 (Blistering - mjehuranje) [24], 4628-3 (Rusting - hrđanje) [25] te ISO 2409 (Adhesion Cross Test - Ispitivanje prionjivosti zarezivanjem mrežice) [26], a prema vizualnoj usporedbi sa slikama iz normi i sukladnom ocjenjivanju. Rezultati ispitivanja navedeni su u tablici 31.

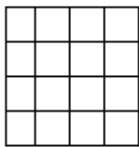
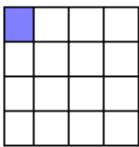
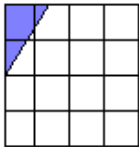
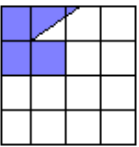
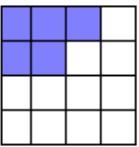
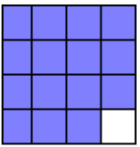
**Tablica 31. Rezultati nakon 72 sata u slanoj komori [24, 25 i 26]**

Nakon 72h u slanoj komori, dimenzije uzoraka 150x100x3 mm					
Oznaka	Vrsta premaza	Debljina premaza	Ocjena mjehuranja	Ocjena hrđanja	Ocjena prionjivosti
SEA2	Epoksidni na bazi vode	38 $\mu\text{m}$	D3S2	Ri 2	$G_t = 2$
SEA4	Epoksidni na bazi vode	53 $\mu\text{m}$	D3S3	Ri 2	$G_t = 1$
SEB3	Epoksidni na bazi otapala	31 $\mu\text{m}$	D4S2	Ri 2	$G_t = 0$
SEB4	Epoksidni na bazi otapala	26 $\mu\text{m}$	-	Ri 1	$G_t = 0$
SS3	Cink silikatni	24 $\mu\text{m}$	-	Ri 2	$G_t = 0$
SS4	Cink silikatni	27 $\mu\text{m}$	-	Ri 1	$G_t = 0$

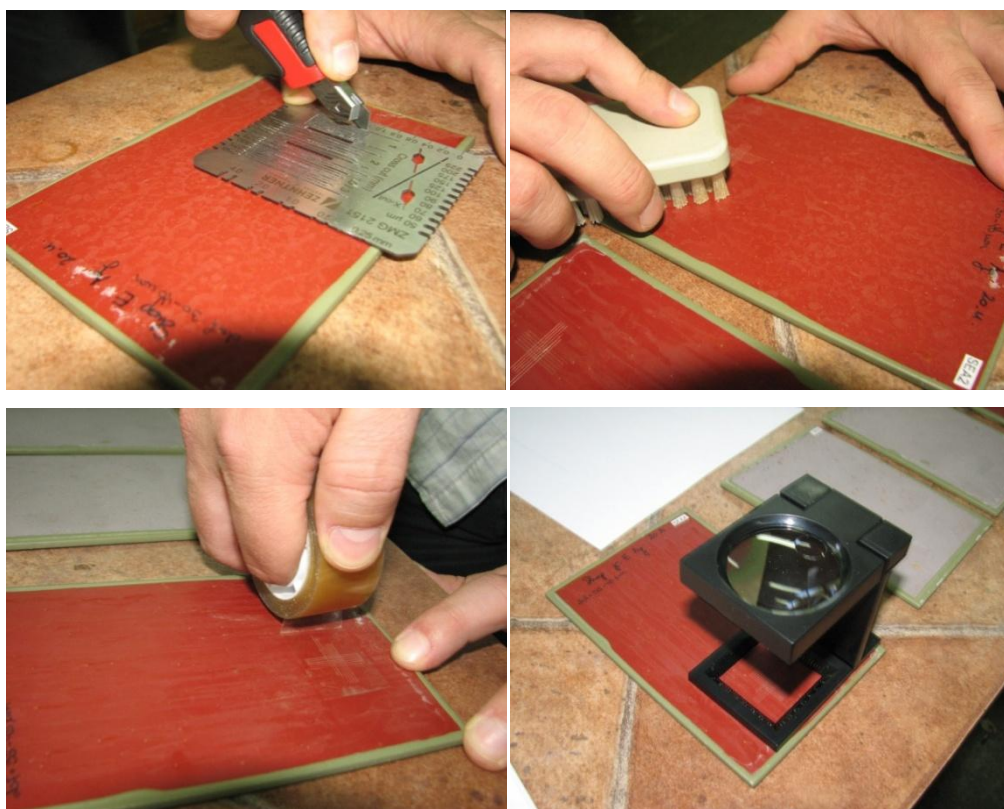
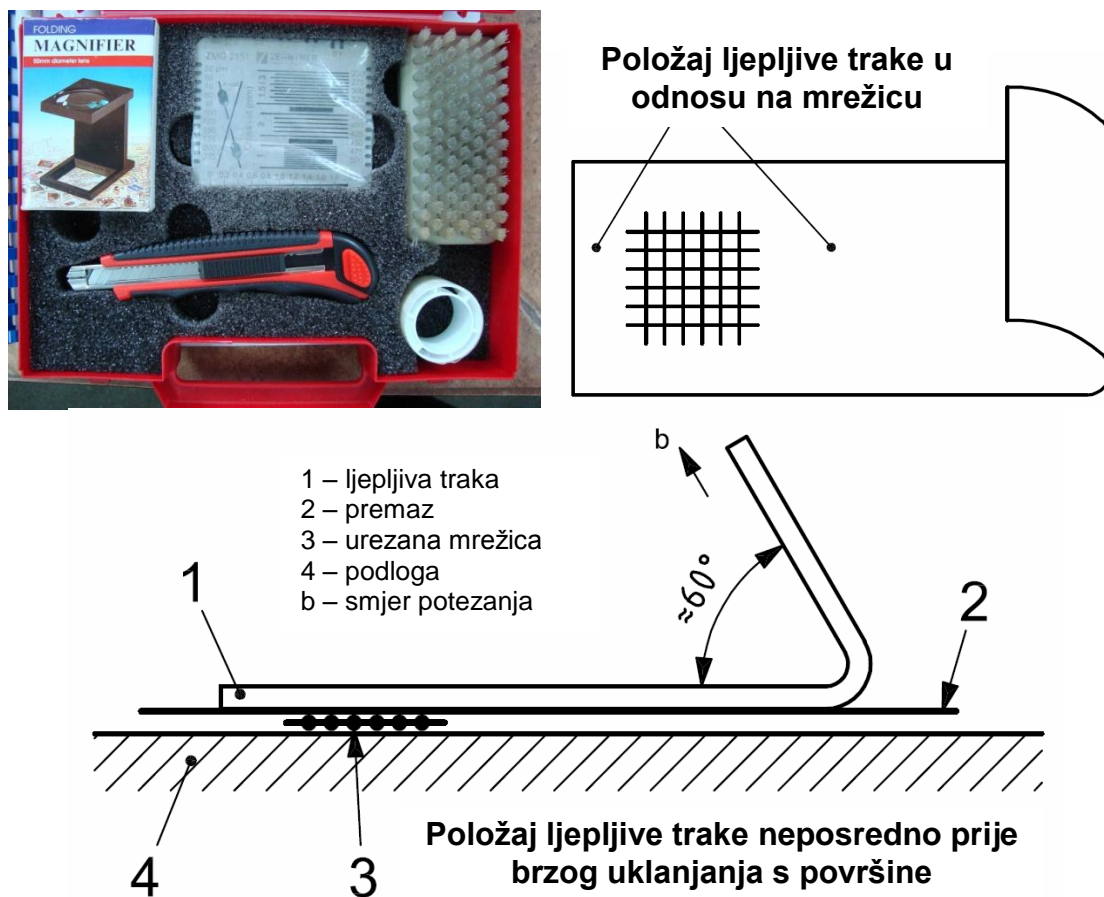
### 7.5. Ispitivanje prionjivosti zarezivanjem mrežice – cross-cut test

Prianjanje sloja premaza na podlogu određuje se metodom mrežice (cross-cut test) prema normi HRN EN ISO 2409 [Slika 18.]. Ispitivanjem se u sloj premaza do podloge uređajem "Zehntner ZMG 2151: Multi-purpose gauge" izvrši urezivanje šest linija po 1 mm, pa pod 90° ponovno šest linija da se dobije ukupno kvadratna mreža s 25 polja (5x5). Zatim se područje četka po dijagonalama. Nakon toga se samoljepljivom trakom prekrije ispitivano područje te pod 60° od površine traka brzo odlijepi. Na kraju se vizualno uz eventualnu pomoć povećala (povećanje 10x) ocjenjuje adhezivnost premaza prema normi ocjenjujući postotak slobodne površine. Rezultati ispitivanja navedeni su u tablici 31., ocjene prionjivosti u tablici 32. i slike rezultata ispitivanja u tablici 33. [26].

**Tablica 32. Ocjene prionjivosti sukladno normi ISO 2409 [26]**

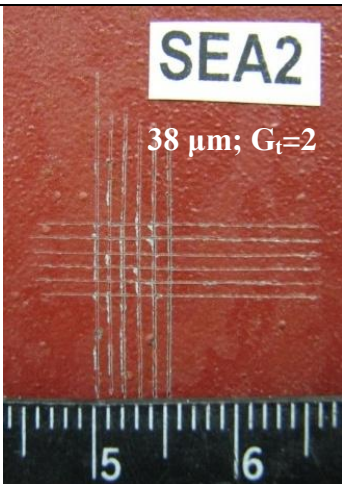
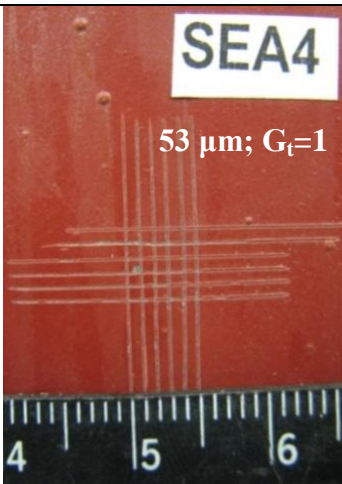
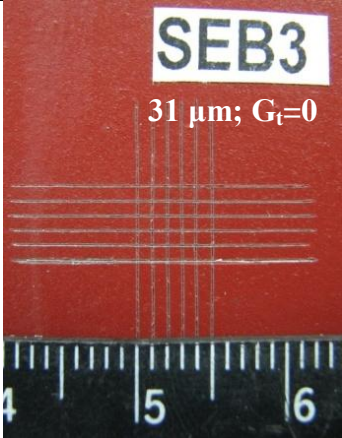
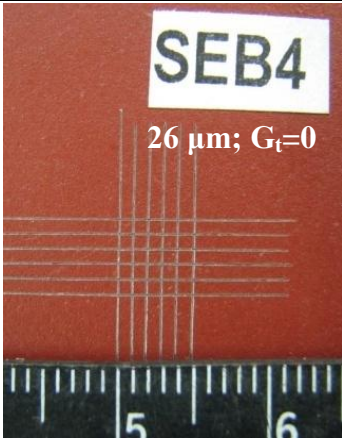
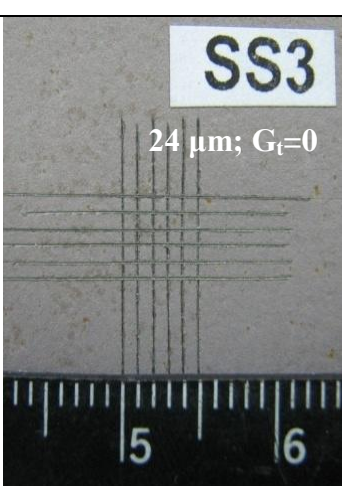
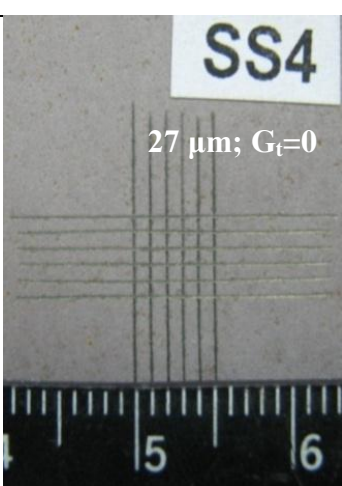
Izgled površine						
bez ljuštenja sloja	5 %	5-15 %	15-35 %	35-65 %	> 65 %	
	odvojene površine	odvojene površine	odvojene površine	odvojene površine	odvojene površine	izrazito ljuštenje





Slika 18. Cross-cut test prionjivosti nakon 72 sata u slanoj komori [20, 26]

**Tablica 33. Rezultati cross-cut testa [20], [26]**

Vrsta premaza	<p>Nakon 72h u slanoj komori; dimenzije uzoraka 150x100x3 mm</p> <p>Cross-cut test; Adhesion (prionjivost) - HRN EN ISO 2409</p>			
Epoksidni na bazi vode		 <p>SEA2 38 µm; <math>G_t=2</math></p>	 <p>SEA4 53 µm; <math>G_t=1</math></p>	
Epoksidni na bazi otapala		 <p>SEB3 31 µm; <math>G_t=0</math></p>	 <p>SEB4 26 µm; <math>G_t=0</math></p>	
Cink silikatni		 <p>SS3 24 µm; <math>G_t=0</math></p>	 <p>SS4 27 µm; <math>G_t=0</math></p>	



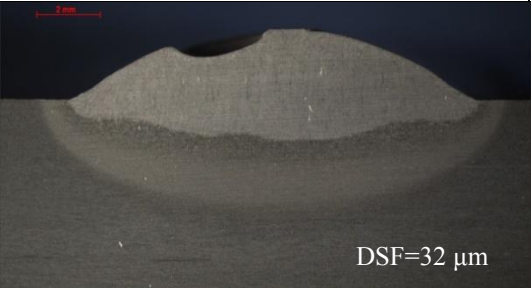

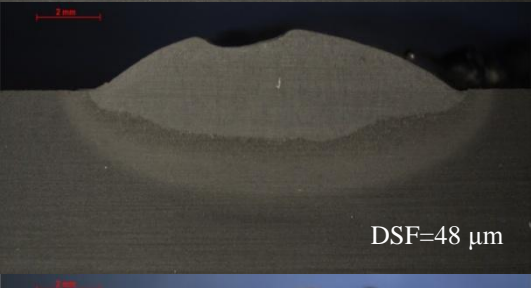







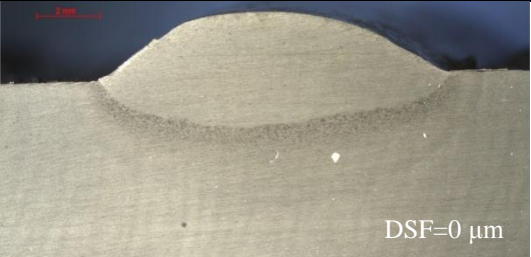
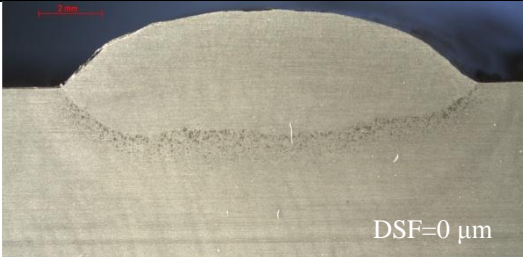
### 7.6. Priprema makroizbrusaka i promatranje pod mikroskopom

Na navarenim uzorcima označena su mjesta rezanja makroizbrusaka, širine 20 mm poprečno na smjer navara. Ciljana su mjesta na kojima se prema radiogramima očekuju unutrašnje pore u navaru ili mjesta na kojima postoji površinska pora. U slučaju navara kod kojih nema ni vanjskih ni unutrašnjih oštećenja navara, izabrano je proizvoljno mjesto rezanja dovoljno daleko od mjesta paljenja električnog luka.

Rezanje tračnom pilom [Slika 19.] provedeno je u Laboratoriju za alatne strojeve Zavoda za tehnologiju Fakulteta strojarstva i brodogradnje.

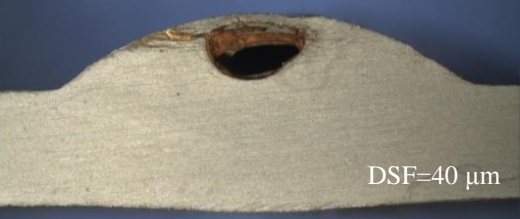












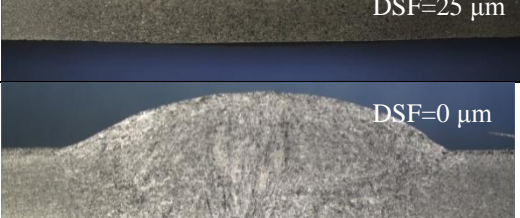


**Tablica 34. Makrostrukturna ispitivanja - uzorci debljine 10 mm [20]**

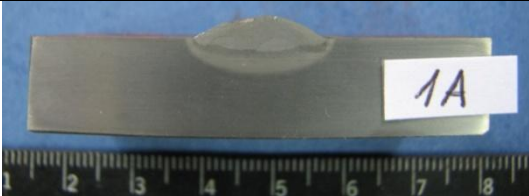
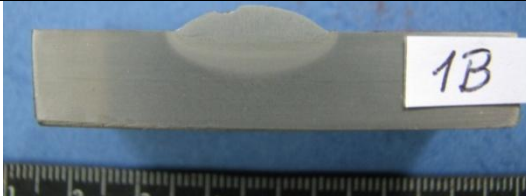
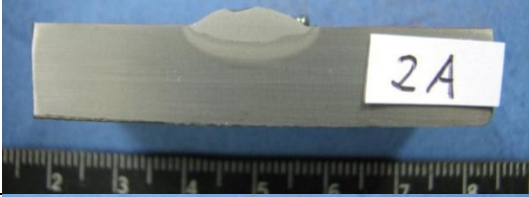
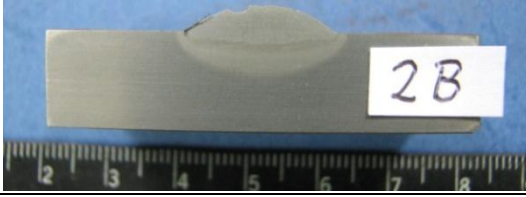
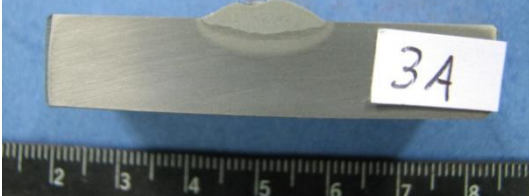
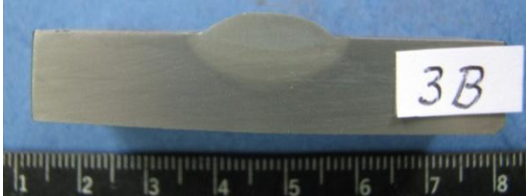
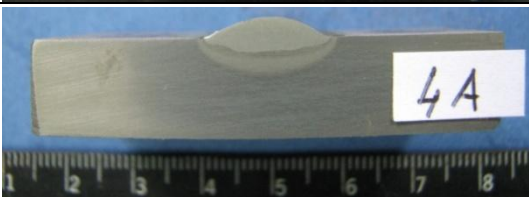
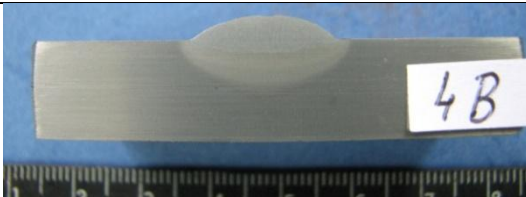
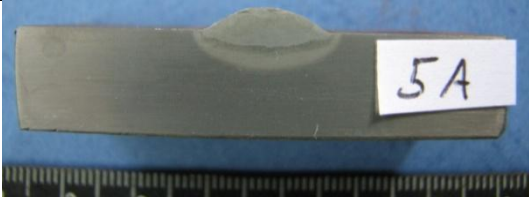
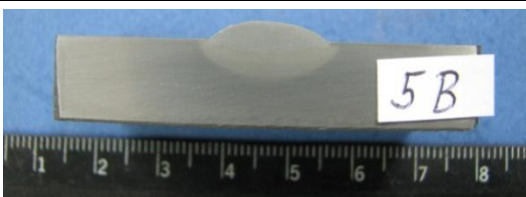
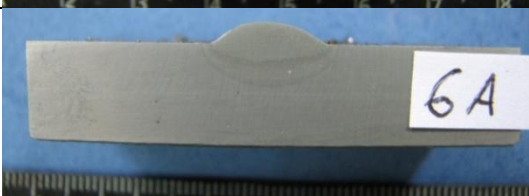
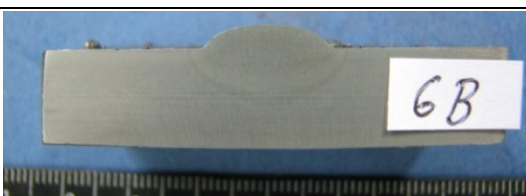
premaz	oznaka	brzina navarivanja $v_z = 30$ cm/min	brzina navarivanja $v_z = 20$ cm/min
Epoksi na bazi vode	LEA1	 DSF=32 $\mu\text{m}$	 DSF=32 $\mu\text{m}$
	LEA2	 DSF=48 $\mu\text{m}$	 DSF=48 $\mu\text{m}$
Cink silikatni	LS1	 DSF=25 $\mu\text{m}$	 DSF=25 $\mu\text{m}$
	LS2	 DSF=39 $\mu\text{m}$	 DSF=39 $\mu\text{m}$
Epoksi na bazi otapala	LEB	 DSF=20 $\mu\text{m}$	 DSF=20 $\mu\text{m}$
bez premaza	-	 DSF=0 $\mu\text{m}$	 DSF=0 $\mu\text{m}$



**Tablica 35. Makrostrukturna ispitivanja - uzorci debljine 3 mm [20]**

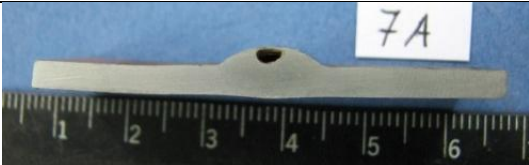
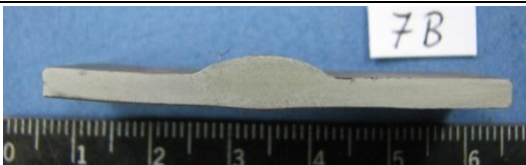
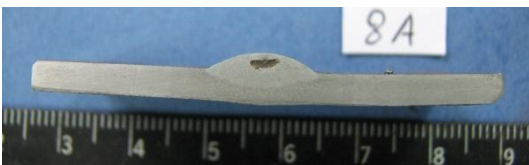
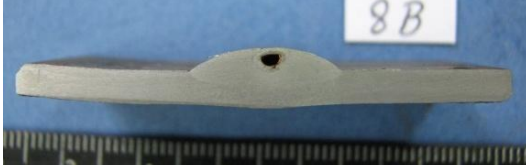
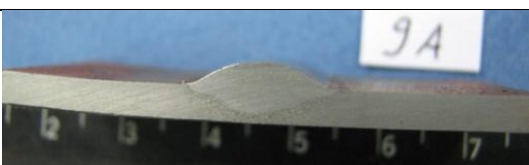
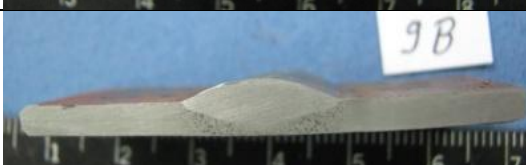
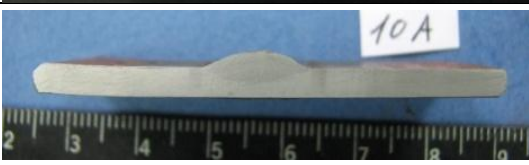


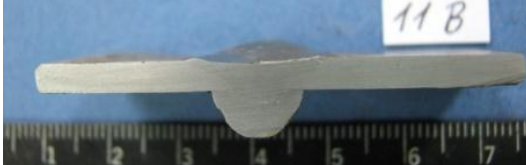
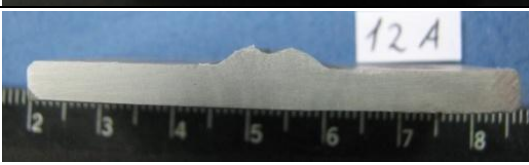

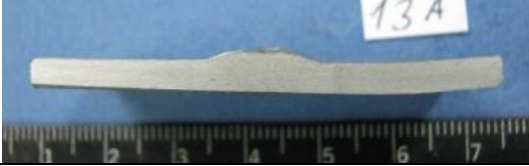

premaz	uzorci	brzina navarivanja $v_z = 30 \text{ cm/min}$	brzina navarivanja $v_z = 20 \text{ cm/min}$
Epoksi na bazi vode	SEA1	 DSF=40 $\mu\text{m}$	 DSF=40 $\mu\text{m}$
	SEA3	 DSF=49 $\mu\text{m}$	 DSF=49 $\mu\text{m}$
Epoksi na bazi otapala	SEB1	 DSF=27 $\mu\text{m}$	 DSF=27 $\mu\text{m}$
	SEB2	 DSF=27 $\mu\text{m}$	 DSF=27 $\mu\text{m}$
Čink silikatni	SS1	 DSF=23 $\mu\text{m}$	 DSF=23 $\mu\text{m}$
	SS2	 DSF=25 $\mu\text{m}$	 DSF=25 $\mu\text{m}$
bez premaza	0	 DSF=0 $\mu\text{m}$	 DSF=0 $\mu\text{m}$

**Tablica 36. Fotografije makrostrukturnih ispitivanja - uzorci debljine 10 mm [20]**

premaz	oznaka	brzina navarivanja $v_z = 30$ cm/min	brzina navarivanja $v_z = 20$ cm/min
Epoksi na bazi vode	LEA1		
	LEA2		
Cink silikatni	LS1		
	LS2		
Epoksi na bazi otapala	LEB		
bez premaza	-		



**Tablica 37. Fotografije makrostrukturnih ispitivanja – uzorci debljine 3 mm [20]**

premaz	oznaka	brzina navarivanja $v_z = 30$ cm/min	brzina navarivanja $v_z = 20$ cm/min
Epoksi na bazi vode	SEA1		
	SEA3		
Epoksi na bazi otapala	SEB1		
	SEB2		
Cink silikatni	SS1		
	SS2		
bez premaza	-		

## 7.7. Analiza rezultata ispitivanja

Mjerenjem debljine premaza utvrđeno je da debljine sloja temeljnog radioničkog premaza odstupaju od proizvođačevih specifikacija i to u prosjeku redovito prema većim debljinama, ali su ipak zadovoljavajuće. Izmjerene razlike u debljinama slojeva premaza iste vrste nisu toliko značajne (do 20  $\mu\text{m}$ ) te je utvrđeno da nemaju veći utjecaj na rezultate ispitivanja. Srednje izmjerene vrijednosti debljine pokazuju najtanji sloj premaza kod uzoraka s epoksi premazom na bazi otapala (SEB i LEB uzorci), do 30  $\mu\text{m}$ ; debljina kod cink silikatnih uzoraka (SS i LS) je oko 25  $\mu\text{m}$ , osim kod uzorka LS2 koji je namjerno veće debljine (40  $\mu\text{m}$ ) u svrhu ispitivanja svojstava.

Veća pozornost trebala bi se obratiti jednakoj debljini premaza po cijeloj površini uzorka (ujednačenosti) jer je mjerenjem debljine utvrđeno veće rasipanje rezultata pojedinačnih mjerenja iako srednja vrijednost nakon 30 mjerenja svakog uzorka ne odstupa znatno od specificirane. Rasipanje rezultata može se dijelom pripisati hrapavosti podloge.

Ispitivanjem u slanoj komori utvrđeno je vidljivo hrđanje svih uzoraka, koje je ipak izraženije kod epoksi premaza na bazi vode. Mjehuranje je podjednako izraženo kod oba ispitana epoksi premaza, dok na cink-silikatnom shopprimeru uopće nema pojave mjehuranja.

Ispitivanjem prionjivosti zarezivanjem mrežice (cross-cut testom) utvrđena je izvrsna prionjivost cink-silikatnog premaza i epoksi premaza na bazi otapala, dok su za jednu ocjenu lošija, ali zadovoljavajuća svojstva prionjivosti utvrđena za epoksi premaz na bazi vode.

Stanje uzoraka nakon navarivanja utvrđeno je vizualnim pregledom, analizom radiograma i makrostrukturnih ispitivanja. Rezultate kod uzoraka debljine 3 mm treba razmotriti s rezervom iz dva razloga.

Prvi je taj što bi za debljinu ploče trebalo koristiti promjer žice Ø1,0 mm koji u vrijeme provođenja ispitivanja nije bio dostupan pa je stoga korišten prvi veći dostupan promjer žice Ø1,2 mm. Zbog dostupnosti žice većeg promjera upotrijebljeni su tome prilagođeni parametri za limove većih debljina u cilju uspostavljanja i održavanja stabilnog električnog lûka, što je kod uzoraka debljine 3 mm dovelo do prevelikog unosa topline i grešaka u skladu s time.

Početna pretpostavka bila je da vrsta premaza utječe na tehnološka svojstva, ali s ovakvim parametrima je i na slijepim probama odnosno uzorcima bez premaza dolazilo do pojave grešaka. Na pločama debljine 10 mm parametri su dobro prilagođeni i navari su sukladno tome znatno uredniji, s manje grešaka.

Drugi razlog za oprez kod tumačenja rezultata je taj što su svi uzorci debljine 3 mm, osim shopprimerom, sa stražnje strane premazani još jednim slojem zaštite u svrhu pripreme za korozijska ispitivanja i taj je sloj uzrokovao prekomjerno mjehuranje stražnje strane kod navarivanja, koja nije u tolikoj mjeri očekivana kod premaza shopprimerom.

Kod svih je uzoraka bez obzira na vrstu i debljinu premaza na manjem području stražnje strane bilo potrebno ukloniti premaz kako bi se mogao ostvariti električni kontakt neophodan za navarivanje.

Pretpostavka je bila da će veća debljina premaza štetno utjecati na tehnološka svojstva i da će bolje rezultate pokazati tanji slojevi premaza (mjehuranje se javlja uslijed sporijeg isplinjavanja premaza iz navara zbog čega je bolji što tanji sloj premaza), ali je ovim ispitivanjem kod većine uzoraka utvrđen zanemariv utjecaj debljine što se može tumačiti nedovoljnim razlikama u debljini premaza. Kod nekoliko uzoraka na bazi vode gdje je utjecaj debljine premaza vidljiv, bolja je kvaliteta navara, očekivano, postignuta na uzorcima s manjom debljinom premaza.

Epoksi premaz na bazi otapala pokazao je izvrsna svojstva kod navarivanja. Uzorak debljine 10 mm je najbolje navaren od svih ispitanih uzoraka, bez ikakvih unutrašnjih ili vanjskih grešaka, prskanja, vrlo je uredan i ujednačen. Na uzorcima debljine 3 mm unutrašnje greške vidljive su na mjestu paljenja el. lûka (uključujući i curenje taline), ali nakon što se el. lûk ustabili, navari su dobri, samo s površinskim porama.

Cink silikatni premaz pokazao je izvrsna svojstva kod navarivanja, pogotovo kod uzoraka debljine 10 mm gdje su navari vrlo uredni i ujednačeni. Na uzorcima debljine 3 mm greške su vidljive na mjestu paljenja el. lûka (uključujući i curenje taline), ali nakon što se el. lûk ustabili, navari su dobri, samo s površinskim porama, kao i kod uzoraka s epoksi premazom na bazi otapala. Većina je pora u navarima vidljivih na radiogramima ipak površinska što je u određenoj mjeri dozvoljeno i lako se uklanjaju.

Epoksi premaz na bazi vode pokazao je najlošija tehnološka svojstva kod navarivanja. Dolazilo je do prskanja i utvrđene su brojne vanjske i unutrašnje pore i pukotine u navarima.

Iz provedene analize utvrđen je dominantan utjecaj brzine navarivanja (za sve tri ispitane vrste shopprimeri). a boljom se pokazala manja brzina (20 cm/min).

## 8. ZAKLJUČAK

Diplomskim radom obrađena je zaštita čeličnih konstrukcija u proizvodnji privremenim radioničkim premazima, tzv. shopprimerima. Eksperimentalni rad i laboratorijska ispitivanja izvršeni su uz određena pojednostavljenja i pretpostavke te je stoga rezultate potrebno dodatno razmotriti i prihvatiti ih kao smjernice za eventualna buduća ispitivanja.

Proučavanjem literature i na temelju provedenih opsežnih ispitivanja na uzorcima potvrđena je načelna prednost cink-silikatnog shopprimera nad epoksi shopprimerom na bazi vode kod svih ispitivanja. Očekivana prednost nad epoksi premazom na bazi otapala potvrđena je samo sa stajališta zaštite od korozije, ali ne i navarljivosti gdje je epoksi premaz na bazi otapala pokazao izvrsna svojstva uz odgovarajuće parametre navarivanja. Epoksi premaz na bazi vode pokazao je najlošija svojstva od tri ispitane vrste premaza kod svih provedenih ispitivanja.

Radom je utvrđeno da u praksi treba posebnu pozornost posvetiti kontroli debljine premaza jer ima veliki utjecaj na tehnološka svojstva te ju treba zadržavati u optimalnom rasponu za određenu namjenu. Pretanak sloj premaza ne pruža adekvatnu zaštitu od korozije dok je sloj veće debljine od potrebne, uz to što je ekonomski neisplativ ujedno i tehnološki nepovoljan. Mjerenja debljine potrebno je vršiti redovito ako se želi zadržati potrebna razina kvalitete. Proizvođači moraju pronaći optimalnu debljinu premaza koja ne utječe na tehnološka svojstva, ali ipak dovoljno štiti materijal od korozije.

Potrebno je izvršiti detaljnija ispitivanja na većem broju uzoraka u strogo kontroliranim uvjetima i uz parametre navarivanja odgovarajuće debljini lima kako bi se potvrdili ili eventualno opovrgnuli ovdje dobiveni rezultati.

## LITERATURA

- [1] Esih, I., Dugi, Z.: Tehnologija zaštite od korozije I, Školska knjiga, Zagreb, 1990.
- [2] Esih, I.: Osnove površinske zaštite, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2003.
- [3] Vlastite bilješke predavanja iz kolegija "Montaža i zaštita", FSB, 2005/'06.
- [4] Stupnišek-Lisac, E.: Korozija i zaštita konstrukcijskih materijala, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2007.
- [5] Juraga, I., Šimunović, V.: Teorijske osnove korozijskih procesa, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2005.
- [6] Katedra za zaštitu materijala: Korozija i metode zaštite od korozije, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, interna skripta.
- [7] Martinković, Ž.: Diplomski rad – Zaštita čeličnih konstrukcija vodorazrjedivim premazima, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009.
- [8] Landrum, R. J.: Fundamentals of designing for corrosion control – A corrosion aid for the designer, NACE, Houston, 2000.
- [9] Berendsen, A. M.: Ship painting manual, Verfinstituut TNO, Delft, 1975.
- [10] ISO 8501-1: 2007 - Priprema čeličnih podloga prije nanošenja boja i srodnih proizvoda – Vizuelna procjena čistoće površine – 1. dio: Stupnjevi hrđanja i stupnjevi pripreme nezaštićenih čeličnih površina i čeličnih površina nakon potpunog uklanjanja prethodnih prevlaka
- [11] HRN EN 10238: 2010 - Automatsko čišćenje mlazom i automatska predobrada zaštitnom prevlakom proizvoda od konstrukcijskog čelika
- [12] Arhiva fotografija Katedre za zaštitu materijala, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
- [13] Hempel: High technology shopprimers, 2003.
- [14] Shop Primers used by SSAB [online]. Stockholm, SSAB. Dostupno na:  
[http://www.ssab.com/Global/Plate/Brochures/en/025\\_TS\\_SSAB\\_plate\\_shop\\_primers\\_used\\_by\\_ssab\\_plate\\_UK.pdf](http://www.ssab.com/Global/Plate/Brochures/en/025_TS_SSAB_plate_shop_primers_used_by_ssab_plate_UK.pdf) [28. svibnja 2013.]
- [15] Mitchell, M. J.: Zinc silicate or zinc epoxy as the preferred high performance primer, International protective coatings, Akzo Nobel, Amsterdam, 1999.
- [16] Vliet, C. H.: Reduction of zinc and volatile organic solvents in two-pack anti-corrosive primers, a pilot study, Progress in organic coatings 34 (1998), Elsevier, 220-226.

- [17] Knudsen, O. Ø., et al.: Zinc-rich primers – Test performance and electrochemical properties, *Progress in organic coatings* 54 (2005), Elsevier, Trondheim, 224-229.
- [18] Mitchell, M., Summers, M.: How to select zinc silicate primers, *International protective coatings*, Akzo Nobel, Amsterdam, 1999.
- [19] Pakrac, J.: Diplomski rad – Zavarivanje visokolegiranog čelika praškom punjenim žicama, *Fakultet strojarstva i brodogradnje*, Zagreb, 2008.
- [20] Vlastita arhiva fotografija praćenja laboratorijskih ispitivanja
- [21] HRN EN ISO 1513: 2011 Boje i lakovi – Ispitivanje i priprema ispitnih uzoraka
- [22] HRN EN ISO 2808: 2008 Boje i lakovi – Određivanje debljine filma
- [23] HRN ISO 19840: 2013 Boje i lakovi – Zaštita čeličnih konstrukcija od korozije sustavima zaštitne boje – Mjerenje i kriterij prihvaćanja debljine suhih filmova na hrapavim površinama
- [24] HRN EN ISO 4628-2: 2004 Boje i lakovi - Procjena propadanja prevlaka - Označivanje količine i veličine grešaka i intenzivnosti jednoličnih promjena izgleda - 2. dio: Ocjena stupnja mjehuranja
- [25] HRN EN ISO 4628-3: HRN EN ISO 4628-2: 2004 Boje i lakovi - Procjena propadanja prevlaka - Označivanje količine i veličine grešaka i intenzivnosti jednoličnih promjena izgleda - 2. dio: Ocjena stupnja hrđanja
- [26] HRN EN ISO 2409: 2008 Boje i lakovi - Ispitivanje zarezivanjem mrežice



## **PRILOZI**

- I. Specifikacije premaza isporučene s uzorcima – proizvođač Helios
- II. Izvadak iz rezultata mjerenja debljine radioničkog premaza za po jedan reprezentativan uzorak svake vrste premaza – LS1 (cink silikatni), LEA1 (epoksi na bazi vode) i LEB (epoksi na bazi otapala), debljina uzoraka 10 mm
- III. Skice ploča za navarivanje
- IV. Specifikacije žice za navarivanje
- V. Compact Disc



HELIOS Tovarna barv, lakov in umetnih smol Količevo, d.o.o.  
Količevo 65, 1230 Domžale, Slovenija  
T +386 1 722 40 00 F +386 1 722 43 10  
E info@helios.si  
www.helios.si

## HOLDING TEMELJ EPOKSI B

Epoksidni radionički premaz

### OPIS PROIZVODA

- **HOLDING TEMELJ EPOKSI B** brzосуšivi je epoksidni radionički premaz
- Omogućava privremenu antikorozijsku zaštitu do 6 mjeseci
- Daje univerzalnu podlogu za sve vrste premaznih sustava

### PODRUČJA UPORABE

Upotrebljava se za privremenu i uobičajenu temeljnu zaštitu pjeskarena lima te kao povezni premaz u cinksilikatnim sustavima.

### PRIPADAJUĆE KOMPONENTE

Razrjeđivač: Epolor razrjeđivač 17  
Utvrđivač – kom.B: HOLDING TEMELJ EPOKSI B komp. B

### PODACI O PROIZVODU

Tip	Epoksi
Viskozitet isporuke komponente A	DIN4 20°C 16 - 18 s
Pot life A+B pri 20°C	24 - 36 sati
Omjer miješanja A:B	
Volumenski	34:1
Težinski	43:1
Gustoća komponente A	1.2 kg/l
Gustoća A+B u obliku isporuke	1.2 kg/l
Nijanse	oksidnocrvena žuta siva
Izgled	Mat
Suha tvar A+B u obliku isporuke	
Volumsko	26 %
Težinski	48 %
VOC za A+B u obliku isporuke	620 g/l
Temperaturna postojanost (suha temperatura)	
Kratkotrajno	do 200 °C
Dugotrajno	do 150 °C

Debljine nanosa i izdašnost	Maksimalna	Preporučena
Debljina suhog filma	25 µm	20 µm
Debljina mokrog filma	100 µm	80 µm
Teoretska izdašnost	10.4 m <sup>2</sup> /l	13.0 m <sup>2</sup> /l

Sušenje	10°C	20°C	30°C
Suh na prašinu	15 minuta	5 minuta	3 minuta
Suh na dodir	30 minuta	10 minuta	4 sati
Presušen	14 dana	7 dana	3 dana

Međuslojni razmak pri 25 °C	
Premazi na bazi otapala	
Minimalni	6 sati
Maksimalni	neograničen

Napomene: Vremena trajanja sušenja data su s obzirom na preporučenu debljinu premaza i za odgovarajuću ventilaciju.



ISO 9001  
ISO 14001

BUREAU VERITAS  
Certification



T3-1.06-HOLDING TEMELJ EPOKSI B-HRVAT  
Str: 1/2  
Revizija br.: 2

Datum izrade: 21/09/11

## PRIPREMA PODLOGE

Sve površine moraju biti čiste, suhe i nemasne. Preporučujemo da se površine obrade i ocijene u skladu sa standardom EN ISO 8504.

Čelična površina:

Pjeskarenje do Sa 2.5 prema EN ISO 12944-4. Koristiti treba abrazivne materijale koji omogućavaju profil hrapavosti 30-50 µm (EN ISO 8503-2).

## UVJETI NANOŠENJA

Minimalna temperatura okoline za vrijeme aplikacije: +15 °C

Relativna vlažnost zraka od 20% do 85%.

Temperatura površine mora biti najmanje 3 °C iznad točke rosišta.

## NAPUTAK ZA UPORABU

Prije uporabe potrebno je dobro promiješati.



### BEZRAČNO ŠTRCANJE

Razrjeđivanje: do 5 % volumenski  
Otvor mlaznice: 0.38 - 0.53 mm  
Izlazni pritisak: 12.0 - 15.0 MPa



### ZRAČNO ŠTRCANJE

Razrjeđivanje: do 5 % volumenski  
Otvor mlaznice: 1.5 - 2.0 mm  
Izlazni pritisak: 0.3 - 0.5 MPa



### KIST/VALJAK

Razrjeđivanje: do 5 % volumenski

Kod nanošenja kistom ili valjkom za postizanje je propisane debljine suhog filma potrebno nanošenje više slojeva, nego kod nanošenja štrcanjem.

Postotak dodanog razrjeđivača ovisi o temperaturi boje. Navedeni se podatak odnosi na temperaturu boje 20 °C.

## PREMAZNI SUSTAVI

Premazne sustave odabiremo obzirom na klimatska opterećenja, sukladno preporukama standarda EN ISO 12944

Preporučljivi međuslojni i pokrivni premazi:

EPOLOR MIOX HB B  
EPOLOR POKRIVNA BOJA  
EPOLOR HB  
EPOLOR HB LT  
EPOLOR HB S  
KORVIN VA TEMELJ MIOX  
BUKOLIT EMAJL AB  
BUKOLIT EMAJL HB B  
KORVIN VA POKRIVNI (MIOX)

Za informacije o uporabi ostalih međuslojnih i pokrivnih premaza obratite se stručnjacima HELIOS-a.

## USKLADIŠTENJE

24 mjeseca pri temperaturi do +35 °C.

## SIGURNOSNI NAPUTCI

Vidi Sigurnosni list i etiketu proizvoda.

## NAPOMENE

Za svaku šaržu boje izdajemo odgovarajuće izvješće kontrole kvalitete. Tehničke informacije su rezultat znanja koje temelji na laboratorijskom radu i praktičnim iskustvima. U slučaju uporabe premaza izvan naše kontrole, odgovornost ne možemo preuzeti i jamčimo samo za kvalitetu premaza. Pridržavamo sva prava na promjenu podataka bez prethodne obavijesti. Sustav kvalitete usklađen je s EN ISO 9001.



HELIOS Tovarna barv, lakov in umetnih smol Količevce, d.o.o.  
Količevce 66, 1230 Domžale, Slovenija  
T +386 1 722 40 00 F +386 1 722 43 10  
E info@helios.si  
www.helios.si

## SHOP PRIMER E AQ

Epoksidni temeljni premaz na bazi vode

### OPIS PROIZVODA

- SHOP PRIMER E AQ je dvokomponentni temeljni premaz na osnovi epoksidne disperzije i poliaminskog adukta
- Sadrži antikorozijske pigmente za poboljšavanje korozijske postojanosti
- Kvalitetan je temeljni premaz u sustavu antikorozijske zaštite
- Ekološki prihvatljiv premaz
- Prikladan je i za nanošenje na pocinčani lim i aluminij
- Prikladan je za najzahtjevnije uvjete izloženosti
- Omogućava zračno i ubrzano sušenje
- Upotrebljiv u kombinaciji sa širokim spektrom temeljnih premaza na bazi vode, kao i na bazi organskih otapala

### PODRUČJA UPORABE

Samostalno se koristi kao radionički premaz za privremenu zaštitu novih pjeskarenih površina različitih čeličnih konstrukcija i za industrijsko lakiranje, gdje je tijekom transporta i montaže potrebna kvalitetna antikorozijska zaštita.

U sustavu s odgovarajućim temeljnim i pokrivnim premazom prikladan je za izloženost industrijskoj ili morskoj atmosferi.

Prikladan kao temelj u sustavu premaza za trajnu antikorozijsku zaštitu čeličnih i pocinčanih površina, aluminija i ostalih obojenih metala.

### PRIPADAJUĆE KOMPONENTE

Razrjeđivač: Voda iz vodovoda  
Utvrđivač – kom.B: Utvrđivač E AQ

### PODACI O PROIZVODU

Tip	2K epoksi-poliamin adukt
Viskozitet isporuke komponente A	Tiksotropno
Pot life A+B pri 20°C	(vidi upozorenje!) 4 sati
Omjer miješanja A:B	
Volumenski	3.6:1
Težinski	5:1
Gustoća komponente A	1.3-1.4 kg/l
Gustoća A+B u obliku isporuke	1.3-1.4 kg/l
Nijanse	oksidnocrvena siva
Izgled	Pumat
Suha tvar A+B u obliku isporuke	
Volumsko	45 %
Težinski	64 %
VOC za A+B u obliku isporuke	50 g/l
Temperaturna postojanost (suha temperatura)	
Kratkotrajno	do 140 °C
Dugotrajno	do 100 °C

Debljine nanosa i izdašnost	Maksimalna	Preporučena
Debljina suhog filma	60 µm	30 µm
Debljina mokrog filma	135 µm	70 µm
Teoretska izdašnost	7.5 m <sup>2</sup> /l	15.0 m <sup>2</sup> /l

Sušenje	10°C	20°C	30°C
Suh na prašinu	30 minuta	15 minuta	12 minuta
Suh na dodir	4 sati	60 minuta	30 minuta
Presušen	10 dana	7 dana	5 dana

Ubrzano sušenje	
Odzračivanje	15 minuta
Sušenje	pri 60 °C: 30 minuta

Međuslojni razmak pri 25 °C	
Premazi na bazi vode	
Minimalni	4 sati
Premazi na bazi otapala	
Minimalni	24 sati

## PRIPREMA PODLOGE

Čelične površine moraju biti pjesakrene po standardu ISO 8501 do stupnja Sa 2,5, suhe, čiste, dobro odmašćene, bez ostataka korozivskih produkata ili ostalih nečistoća. Hrapavost novih površina: 25-50 µm.

## UVJETI NANOŠENJA

Temperatura pri aplikaciji od +14 °C do +25 °C.  
Relativna vlažnost od 20% do 75%.  
Temperatura površine mora biti najmanje 3 °C iznad točke rosišta.

## NAPUTAK ZA UPORABU

Prije uporabe potrebno je dobro promiješati.

**UPOZORENJE!** VIZKOZNOST SE NAKON  
PRIPRAVE MJEŠAVINE KOMPONENTI (A+B) NE  
MIJENJA ZATO POT LIFE NIJE VIDLJIV.



### BEZRAČNO ŠTRCANJE

Razrjeđivanje: do 3 % volumenski  
Otvor mlaznice: 0.33 - 0.48 mm  
Izlazni pritisak: 12.0 - 15.0 MPa



### ZRAČNO ŠTRCANJE

Razrjeđivanje: do 3 % volumenski  
Otvor mlaznice: 1.5 - 2.0 mm  
Izlazni pritisak: 0.3 - 0.5 MPa



### KIST/VALJAK

Razrjeđivanje: nije potrebno

Kod nanošenja kistom ili valjkom za postizanje je propisane debljine suhog filma potrebno nanošenje više slojeva, nego kod nanošenja štrcanjem.  
Postotak dodane vode iz vodovoda ovisi o temperaturi boje. Navedeni se podatak odnosi na temperaturu boje 20 °C.

## PREMAZNI SUSTAVI

Premazne sustave odabiremo obzirom na klimatska opterećenja, sukladno preporukama standarda EN ISO 12944

Preporučljivi pokrivni premazi:

REZISTOL emajl AQ  
REZISTOL emajl 2K PUR AQ  
REZISTOL emajl AV  
REZISTOL emajl VA  
REZISTOL emajl 2K PUR  
AGROHEL emajl 2K PUR

Za aplikaciju ostalih pokrivnih premaza potražite savjet u Heliosu.

## USKLADIŠTENJE

12 mjeseci pri temperaturi od +5 °C do +35 °C.

**UPOZORENJE! BOJA NE SMIJE ZAMRZNUTI!**

## SIGURNOSNI NAPUTCI

Vidi Sigurnosni list i etiketu proizvoda.

## NAPOMENE

Za svaku šaržu boje izdajemo odgovarajuće izvješće kontrole kvalitete. Tehničke informacije su rezultat znanja koje temelji na laboratorijskom radu i praktičnim iskustvima. U slučaju uporabe premaza izvan naše kontrole, odgovornost ne možemo preuzeti i jamčimo samo za kvalitetu premaza. Pridržavamo sva prava na promjenu podataka bez prethodne obavijesti. Sustav kvalitete usklađen je s EN ISO 9001.



**HELIOS** Tovarna barv, lakov in umetnih smol Količevo, d.o.o.  
Količevo 65, 1230 Domžale, Slovenija  
T +386 1 722 40 00 F +386 1 722 43 10  
E info@helios.si  
www.helios.si

## HELIOWELD 03 – 00

Cinksilikatni shopprimer

### OPIS IZDELKA

- **HELIOWELD 03-00** je hitrosušeci dvokomponentni etilsilikatni delavniški premaz.
- Omogoča začasno protikorozijsko zaščito za čas 6 mesecev.
- Dobre lastnosti pri rezanju in varjenju.
- Lahko se uporablja kot prvi sloj v različnih premaznih sistemih.

### PODROČJA UPORABE

Uporablja se za začasno in običajno temeljno zaščito opeskane pločevine in drugih konstrukcij med skladiščenjem, transportom, izdelavo,...

### PRIPADAJOČE KOMPONENTE

Redčilo: Ne redčimo  
Trdilec - komp. B: Hardener 03 - 00

### PODATKI O IZDELKU

<b>Tip</b>	cinksilikat
<b>Pot life A+B pri 20°C</b>	8,0 ur
<b>Razmerje mešanja A:B</b>	
<i>Utežno</i>	54,7 : 45,3 (cinkova pasta:vezivo)
<i>Volumsko</i>	1 : 2 (cinkova pasta:vezivo)
<b>Gostota A+B v dobavni obliki</b>	1,25 g / cm <sup>3</sup>
<b>Nianse</b>	siva
<b>Izgled</b>	Mat
<b>Suha snov A+B v dobavni obliki</b>	
<i>Volumsko</i>	21 %
<b>VOC za A+B v dobavni obliki</b>	675 g/l

<b>Debeline nanosov in izdatnost</b>	<b>Maksimalna</b>	<b>Priporočljiva</b>
<i>Debelina suhega filma</i>	25 µm	20 µm
<i>Debelina mokrega filma</i>	120 µm	95 µm
<i>Teoretična izdatnost</i>	8,5 m <sup>2</sup> /l	10,5 m <sup>2</sup> /l

<b>Sušenje</b>	20°C
<i>Prašno suh</i>	3 minute
<i>Suh na oprijem</i>	6 minut
<i>Presušen</i>	3 dni (60 % Rh)

<b>Medpremazni interval pri 25°C</b>	
<b>Premazi na osnovi topil</b>	
<i>Minimalni</i>	3 dni
<i>Maksimalni</i>	6 mesecev

Opombe: Časi sušenja so podani glede na priporočljivo debelino premaza in pri ustrezni ventilaciji.



## PRIPRAVA POVRŠINE

Vse površine morajo biti čiste, suhe in nemastne. Priporočamo, da se površine obdelajo in ocenijo skladno s standardom EN ISO 8504.

Jeklena površina:

Obvezno peskanje do najmanj Sa 2.5 - Sa 3 po EN ISO 12944-4. Uporabiti je treba abrazivne materiale, ki omogočajo profil hrapavosti 40-60µm (EN ISO 8503).

## DELOVNI POGOJI

Temperatura podlage mora biti najmanj 5 °C in najmanj 3 °C nad rosiščem pri danih vremenskih razmerah. Temperaturo in relativno vlažnost zraka je treba meriti v bližini objekta. Za normalno utrjevanje cinksilikatnih premazov je potrebna ustrezna relativna vlažnost zraka (60-80%). Pri nižjih vlažnostih priporočamo občasno polivanje z vodo. Stopnjo utrjenosti premaza preverimo s krpo, namočeno v metiletilketon (MEK test). Če se premaz briše, pomeni, da ni dovolj utrjen.

### Navodila za uporabo:

1. Temperatura mešanice veziva in paste naj bo nad 15 °C.
2. Premešajte cinkovo pasto preden dodate vezivo.
3. Vezivo dodajte postopoma v cinkovo pasto in premešajte do homogenosti.
4. Prefiltrirajte mešanico skozi 0,5 mm sito.
5. Potrebno je konstantno mešanje med aplikacijo.

## NAVODILA ZA NANAŠANJE



### AIRLESS BRIZGANJE

Redčenje: Ne redčimo  
Premer šobe: 0,43 - 0,53 mm  
Izhodni pritisk: 8 - 12 MPa



### ZRAČNO BRIZGANJE

Redčenje: Ne redčimo  
Premer šobe: 1,0 – 1,5 mm  
Izhodni pritisk: 0,3 MPa

## PREMAZNI SISTEMI

Premazne sisteme izberemo glede na vrsto klimatskih vplivov, skladno s priporočili standarda EN ISO 12944.

**Naslednji premaz:** Po specifikaciji.

Za uporabo drugih premazov se posvetujte v HELIOS-u.

## SKLADIŠČENJE

Vezivo: 6 mesecev, v originalni zaprti embalaži.

Pasta: 9 mesecev, v originalni zaprti embalaži.

Skladiščenje v suhem prostoru pri temperaturi med 5 - 35 °C.

## VARNOSTNA NAVODILA

Glejte Varnostni list in etiketo izdelka.

## OPOMBE

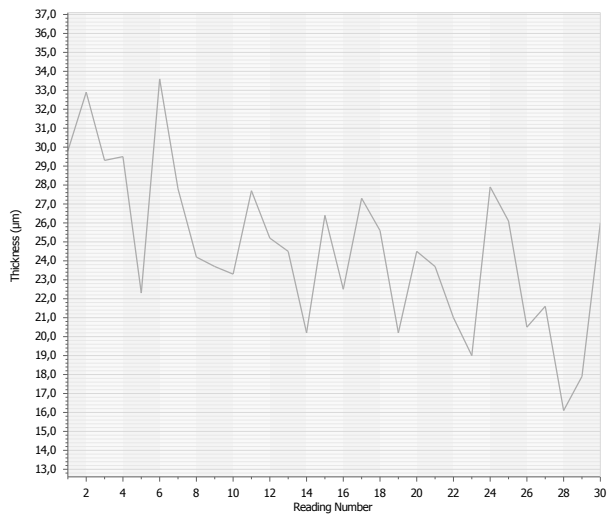
Za vsako šaržo barve izdajamo ustrezni kakovostni izvid.

Tehnične informacije so rezultat znanja, ki temelji na laboratorijskem delu in praktičnih izkušnjah. V primeru uporabe premaza izven naše kontrole ne moremo prevzeti odgovornosti in jamčimo le za kakovost premaza kot takega. Pridržujemo si pravico do sprememb podatkov brez predhodnega obvestila. Sistem kakovosti je usklajen z EN ISO 9001.

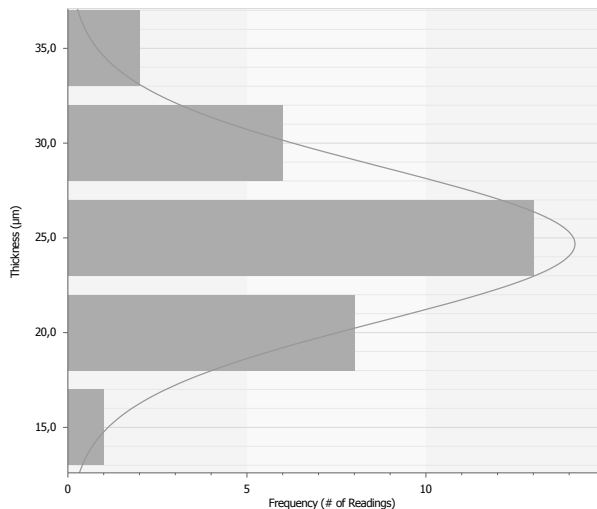
# Inspection Report - Dry Film Thickness

Shoppermer\  
Batch 225

## Individuals / Run Chart



## Histogram



## Notes

Određivanje debljine suhog filma premaza - shoppera.

## Project

Name	Shoppermer
------	------------

## Gauge

Type	Elcometer 456/4
PCB Serial #	
Serial #	MA06441
User ID	

## Probe

Type	FNF1
Serial #	MA05743

## Calibration

Calibration Method	Two Point
--------------------	-----------

## Batch

Name in Gauge	Batch 225
User ID	Batch 225
Created Date	8.5.2013. 9:51:20
Updated Date	8.5.2013. 9:51:20
First Reading Date	8.5.2013. 9:51:44
Last Reading Date	8.5.2013. 9:52:20

## Statistics

# Readings	30
Mean	24,68 µm
Minimum	16,1 µm
Maximum	33,6 µm
Standard Deviation	4,19 µm
+3σ	37,24 µm
-3σ	12,11 µm
Coefficient of Variation	17,0%



## Inspection Report - Dry Film Thickness

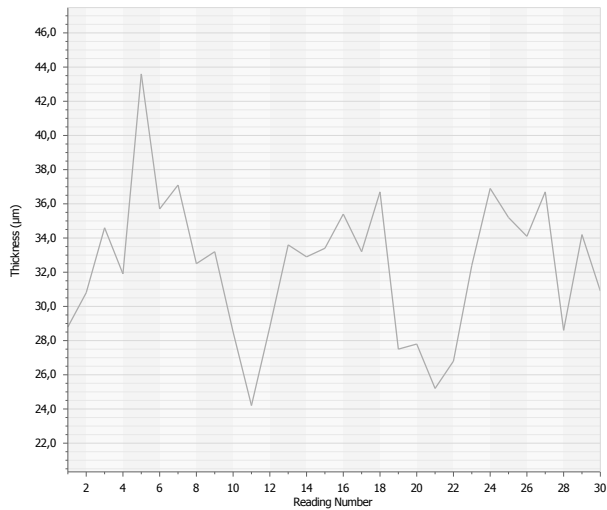
Shoppriemer\  
Batch 225

Date & Time	#	Thickness (µm)
05/08/2013 09:51:44	1	29,8
05/08/2013 09:51:46	2	32,9
05/08/2013 09:51:47	3	29,3
05/08/2013 09:51:48	4	29,5
05/08/2013 09:51:50	5	22,3
05/08/2013 09:51:51	6	33,6
05/08/2013 09:51:52	7	27,8
05/08/2013 09:51:55	8	24,2
05/08/2013 09:51:56	9	23,7
05/08/2013 09:51:57	10	23,3
05/08/2013 09:51:58	11	27,7
05/08/2013 09:52:00	12	25,2
05/08/2013 09:52:01	13	24,5
05/08/2013 09:52:02	14	20,2
05/08/2013 09:52:03	15	26,4
05/08/2013 09:52:04	16	22,5
05/08/2013 09:52:05	17	27,3
05/08/2013 09:52:06	18	25,6
05/08/2013 09:52:07	19	20,2
05/08/2013 09:52:09	20	24,5
05/08/2013 09:52:10	21	23,7
05/08/2013 09:52:11	22	21,0
05/08/2013 09:52:12	23	19,0
05/08/2013 09:52:13	24	27,9
05/08/2013 09:52:14	25	26,1
05/08/2013 09:52:15	26	20,5
05/08/2013 09:52:16	27	21,6
05/08/2013 09:52:18	28	16,1
05/08/2013 09:52:19	29	17,9
05/08/2013 09:52:20	30	26,0

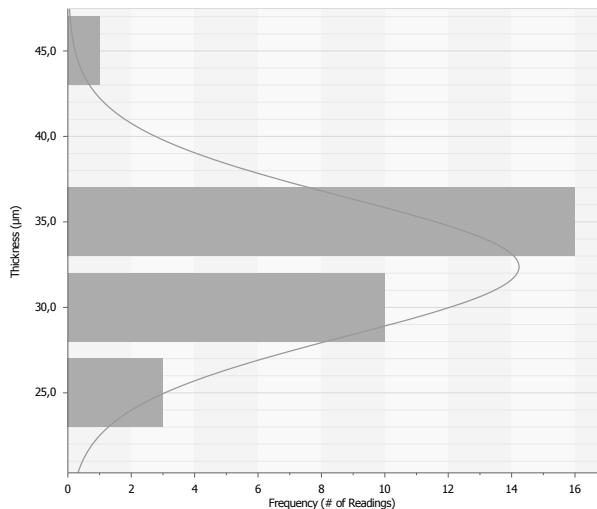
# Inspection Report - Dry Film Thickness

Shopper\primer\  
Batch 227

## Individuals / Run Chart



## Histogram



## Notes

Određivanje debljine suhog filma premaza - shoppera.

## Project

Name	Shopper
------	---------

## Gauge

Type	Elcometer 456/4
PCB Serial #	
Serial #	MA06441
User ID	

## Probe

Type	FNF1
Serial #	MA05743

## Calibration

Calibration Method	Two Point
--------------------	-----------

## Batch

Name in Gauge	Batch 227
User ID	Batch 227
Created Date	8.5.2013. 9:54:24
Updated Date	8.5.2013. 9:54:24
First Reading Date	8.5.2013. 9:54:37
Last Reading Date	8.5.2013. 9:55:15

## Statistics

# Readings	30
Mean	32,37 µm
Minimum	24,2 µm
Maximum	43,6 µm
Standard Deviation	4,17 µm
+3σ	44,88 µm
-3σ	19,87 µm
Coefficient of Variation	12,9%

## Inspection Report - Dry Film Thickness

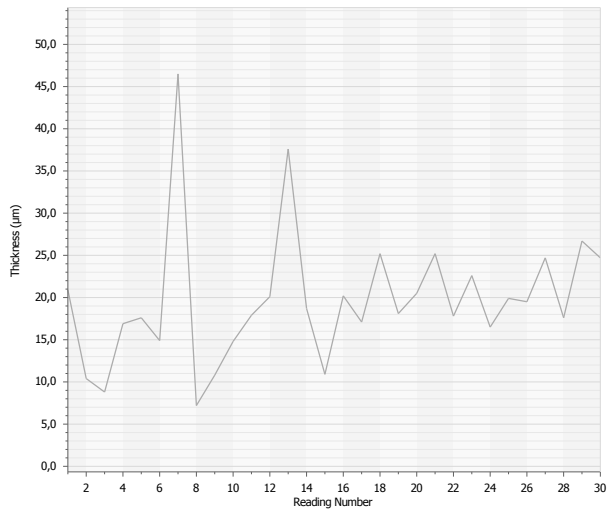
Shoppriemer\  
Batch 227

Date & Time	#	Thickness (µm)
05/08/2013 09:54:37	1	28,8
05/08/2013 09:54:43	2	30,8
05/08/2013 09:54:44	3	34,6
05/08/2013 09:54:45	4	31,9
05/08/2013 09:54:47	5	43,6
05/08/2013 09:54:48	6	35,7
05/08/2013 09:54:49	7	37,1
05/08/2013 09:54:50	8	32,5
05/08/2013 09:54:51	9	33,2
05/08/2013 09:54:52	10	28,5
05/08/2013 09:54:53	11	24,2
05/08/2013 09:54:54	12	28,8
05/08/2013 09:54:55	13	33,6
05/08/2013 09:54:56	14	32,9
05/08/2013 09:54:57	15	33,4
05/08/2013 09:54:58	16	35,4
05/08/2013 09:54:59	17	33,2
05/08/2013 09:55:00	18	36,7
05/08/2013 09:55:02	19	27,5
05/08/2013 09:55:03	20	27,8
05/08/2013 09:55:04	21	25,2
05/08/2013 09:55:05	22	26,8
05/08/2013 09:55:06	23	32,4
05/08/2013 09:55:07	24	36,9
05/08/2013 09:55:08	25	35,2
05/08/2013 09:55:10	26	34,1
05/08/2013 09:55:11	27	36,7
05/08/2013 09:55:12	28	28,6
05/08/2013 09:55:13	29	34,2
05/08/2013 09:55:15	30	30,9

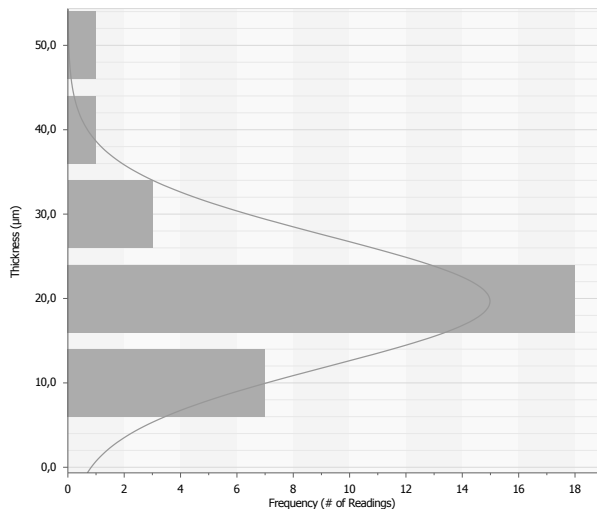
# Inspection Report - Dry Film Thickness

Shopper\primer\  
Batch 229

## Individuals / Run Chart



## Histogram



## Notes

Određivanje debljine suhog filma premaza - shoppera.

## Project

Name	Shopper
------	---------

## Gauge

Type	Elcometer 456/4
PCB Serial #	
Serial #	MA06441
User ID	

## Probe

Type	FNF1
Serial #	MA05743

## Calibration

Calibration Method	Two Point
--------------------	-----------

## Batch

Name in Gauge	Batch 229
User ID	Batch 229
Created Date	8.5.2013. 10:00:55
Updated Date	8.5.2013. 10:00:55
First Reading Date	8.5.2013. 10:01:05
Last Reading Date	8.5.2013. 10:01:42

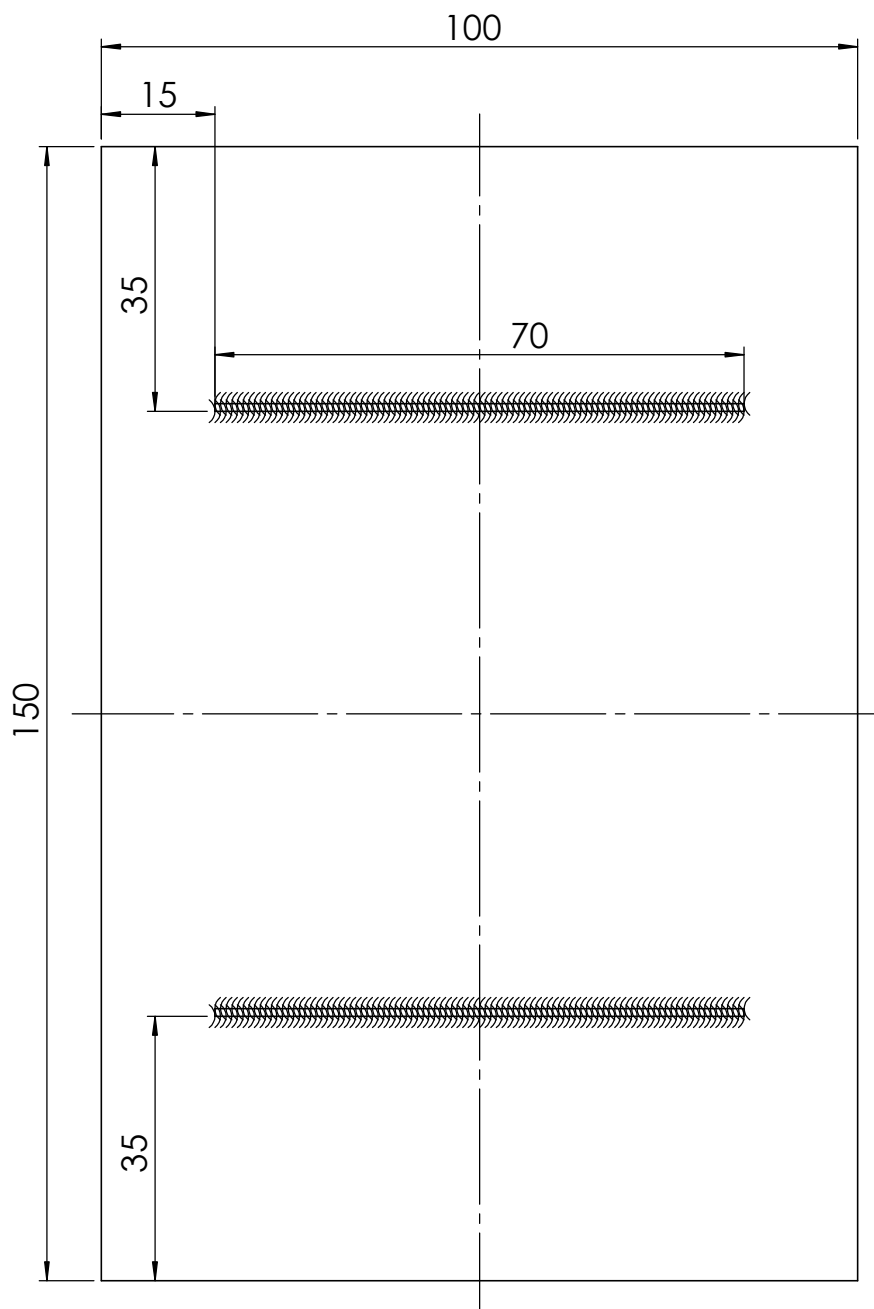
## Statistics

# Readings	30
Mean	19,68 µm
Minimum	7,2 µm
Maximum	46,5 µm
Standard Deviation	7,92 µm
+3σ	43,43 µm
-3σ	-4,08 µm
Coefficient of Variation	40,2%

## Inspection Report - Dry Film Thickness

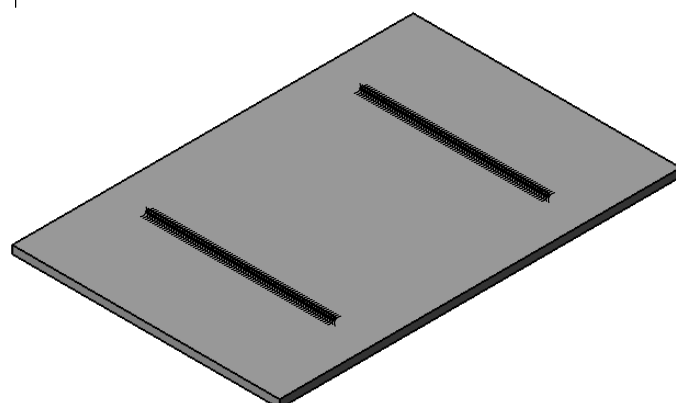
Shoppriemer\  
Batch 229


Date & Time	#	Thickness (µm)
05/08/2013 10:01:05	1	20,9
05/08/2013 10:01:06	2	10,4
05/08/2013 10:01:08	3	8,8
05/08/2013 10:01:09	4	16,9
05/08/2013 10:01:10	5	17,6
05/08/2013 10:01:11	6	14,9
05/08/2013 10:01:13	7	46,5
05/08/2013 10:01:14	8	7,2
05/08/2013 10:01:15	9	10,8
05/08/2013 10:01:16	10	14,8
05/08/2013 10:01:17	11	17,9
05/08/2013 10:01:19	12	20,1
05/08/2013 10:01:20	13	37,6
05/08/2013 10:01:21	14	18,7
05/08/2013 10:01:22	15	10,9
05/08/2013 10:01:23	16	20,2
05/08/2013 10:01:24	17	17,1
05/08/2013 10:01:26	18	25,2
05/08/2013 10:01:27	19	18,1
05/08/2013 10:01:28	20	20,5
05/08/2013 10:01:29	21	25,2
05/08/2013 10:01:31	22	17,8
05/08/2013 10:01:32	23	22,6
05/08/2013 10:01:33	24	16,5
05/08/2013 10:01:35	25	19,9
05/08/2013 10:01:36	26	19,5
05/08/2013 10:01:37	27	24,7
05/08/2013 10:01:39	28	17,6
05/08/2013 10:01:40	29	26,7
05/08/2013 10:01:42	30	24,7

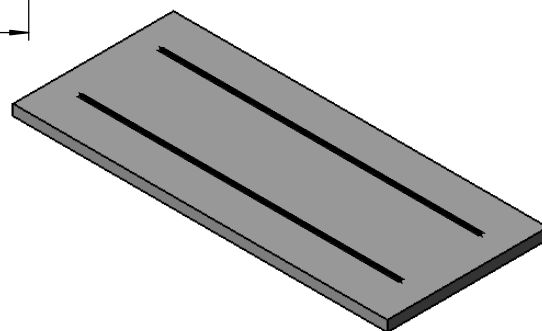
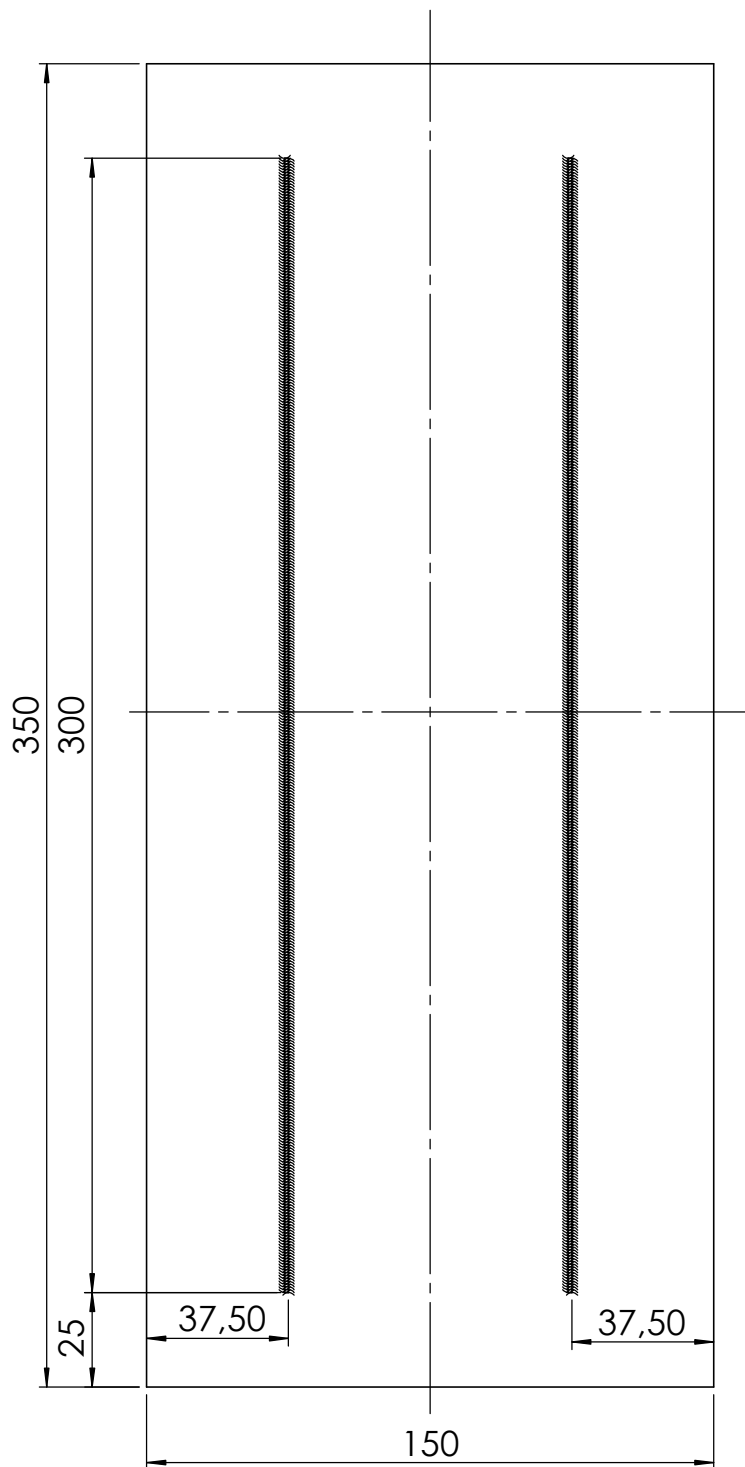


ploča 3 mm

M 1:1




	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	15.5.2013.	Hrvoje Rakić		
Razradio				
Crtao				
Pregledao				
Objekt: Manji uzorak			Objekt broj:	
			R. N. broj:	



ploča 10 mm

M 1:2

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	15.5.2013.	Hrvoje Rakić		
Razradio				
Crtao				
Pregledao				
Objekt: Veliki uzorak			Objekt broj:	
			R. N. broj:	

# Supercored 71

AWS A5.20 / ASME SFA5.20 E71T-1C  
JIS Z3313 YFW-C502R

## Applications

All position welding of machinery, shipbuilding, bridges. Impact values of weld metal are good.

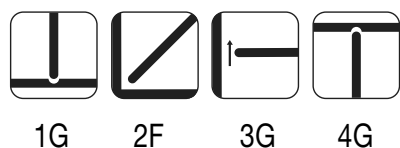
## Characteristics on Usage

Supercored 71 is a flux cored wire which has been designed to get a good usability in all position for wide range of welding currents. With its quiet and smooth arc, its slag detachability is very good.

## Notes on Usage

- ① Proper preheating(50~150°C)(122~302°F) and interpass temperature must be used in order to release hydrogen which may cause cracking in weld metal when electrodes are used for medium and heavy plates.
- ② One-side welding defects such as hot cracking may occur with wrong welding parameter, such as high welding speed.
- ③ Use 100% CO<sub>2</sub> gas

## Welding Position(All-Position)



## Current

DC +

## Shielding Gas

CO<sub>2</sub>

## Typical Chemical Composition of All-Weld Metal (%)

C	Si	Mn	P	S
0.03	0.51	1.26	0.010	0.011

## Typical Mechanical Properties of All-Weld Metal

Y.S N/mmi(lbs/in <sup>2</sup> )	T.S N/mmi(lbs/in <sup>2</sup> )	EL. (%)	Temp. ℃ (°F)	CVN-Impact Value J (ft · lbs)
545(79,100)	572(83,100)	28	0(32) -20(-4)	160(119) 70(52)

## Approval

KR,ABS,LR,BV,DNV,GL,  
NK,TÜV,CWB,Ü-SIGN,  
RINA

## Packing(Including Ball Pac)

Dia.(mm)	1.0	1.2	1.4	1.6	Spool (kg)	12.5	15	20
(in)	.039	.045	.052	1/16	(lbs)	28	33	44
Ball Pac								

## Sizes Available and Recommended Currents(Amp.)

Size mm (in)	1.2(0.45)	1.4(0.052)	1.6(1/16)
F & HF	120~300	150~350	200~400
V-up,OH	120~260	140~270	180~280
V-down	200~300	220~320	250~300